

UNIVERSITÉ DE PARIS

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Année 1907-1908.

N° 9.

La OUATE DE TOURBE

et ses applications.



THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris

(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le Juillet 1908.

PAR

LUCIEN ROYER

Pharmacien de 1^{re} Classe,
Lauréat de l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris,
Ex-Interne des Hôpitaux.

JURY { MM. PERROT, Président
GRIMBERT, Professeur.
GUÉRIN, Agrégé.



PARIS

VIGOT Frères, Éditeurs

23, Place de l'École de Médecine.

1908

UNIVERSITÉ DE PARIS

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Année 1907-1908.

N° 9.

La OUATE DE TOURBE

et ses applications.

— — — — —

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris

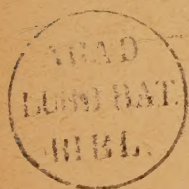
(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le Juillet 1908.

PAR

LUCIEN ROYER

Pharmacien de 1^{re} Classe,
Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Paris,
Ex-Interne des Hôpitaux.



JURY

{ MM. PERROT, Président
GRIMBERT, Professeur,
GUÉRIN, Agrégé.

— — — — —

PARIS

VIGOT Frères, Éditeurs

23, Place de l'École de Médecine.

—
1908

PERSONNEL DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

ADMINISTRATION

MM. GUIGNARD, Directeur, Membre de l'Institut, O. *,  I.
BOUCHARDAT, Assesseur, *,  I.
E. MUSSON, Secrétaire,  I.

PROFESSEURS

MM. BOUCHARDAT, *,  I.	Hydrologie et Minéralogie
GUIGNARD, membre de l'Institut, O. *,  I.	Botanique générale.
VILLIERS-MORIAMÉ,  I.	Chimie analytique.
BOURQUELOT, *,  I.	Pharmacie galénique.
GAUTIER, *,  I.	Chimie minérale.
RADAIS,  I.	Cryptogamie.
BÉHAL, *,  I.	Chimie organique.
PERROT,  I.	Matière médicale.
COUTIÈRE,  I.	Zoologie.
BERTHELOT,  I.	Physique.
GRIMBERT,  I.	Chimie biologique.
MOUREU, *,  I.	Pharmacie chimique.
LEBEAU,  I.	Toxicologie.

Professeurs honoraires :

MM MARCHAND,  I. ; JUNGLEISCH, *,  I.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. GUERBET,  I.	MM. GUÉRIN,  I.
DELÉPINE,  I.	GUÉGUEN,  I.
TASSILLY,  I.	LUTZ,  I.

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. DEFACQZ,  I.	Chimie générale.
COUSIN,  A	Chimie analytique.
PELTRISOT,  A	Micrographie.
MOURLOT,  A.	Physique.
BARTHELAT,  I	Microbiologie.

Chef du Laboratoire des examens pratiques : M. VALEUR,  A.

Bibliothécaire : M. DORVEAUX,  I.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PERROT.
DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS.

Hommage très respectueux.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE.

MEIS ET AMICIS.

INTRODUCTION.

Lorsque M. le professeur PERROT nous engagea à nous occuper de l'ouate de tourbe, nous n'étions personnellement guère fixé sur le rôle et la nature de cette curieuse substance, surtout en ce qui concerne ses applications domestiques ou thérapeutiques. Les questions que nous posions à ce sujet dans le monde des étudiants au milieu duquel nous vivions n'éveillaient que le souvenir de paquets poussiéreux entrevus au régiment dans les réserves du Service de Santé, et celui de grandes affiches représentant une famille de gens avisés évoluant dans l'intimité en sous-vêtements à l'ouate de tourbe.

La littérature scientifique française ne renferme en effet que peu de documents sur l'ouate de tourbe.

Les peuples du Nord, qui vivent sur un sol tourbeux, ont remarqué que les filaments fossiles qu'on extrait des tourbières ont des propriétés spéciales que ne possède aucune autre fibre végétale : grand pouvoir absorbant pour les gaz, action désodorisante, antiputride, antiseptique...! et on a cherché à les utiliser dans des applications à la médecine et à l'hygiène.

Ces propriétés, découvertes jadis par les habitants des régions tourbeuses, proclamées par la publicité des industriels, consacrées dans une faible mesure par quelques expériences d'hôpital et de laboratoire, ne sont pas scientifiquement établies.

Nous plaçant à un point de vue général, nous nous

R.

sommes proposé de déterminer l'origine géologique et botanique de l'ouate de tourbe, de rassembler nos connaissances sur les transformations qu'a subies la cellulose des végétaux au sein des tourbières, d'examiner les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ces fibres. Puis nous basant sur ces propriétés, nous avons cherché à donner une explication scientifique des applications qu'on fait de l'ouate de tourbe et un moyen de l'identifier dans les mélanges où on la fait intervenir.

Pour entreprendre un sujet aussi vaste et aussi obscur, il nous fallait l'inexpérience du débutant, et l'initiative que développe en nous l'enseignement universel de l'Ecole de Pharmacie, où nos maîtres savent nous intéresser aux multiples problèmes de la science moderne. Pour mener à bien ce travail, nous avons eu à chaque instant les encouragements, la direction affable, patiente, éclairée de M. le professeur PERROT et de son dévoué préparateur, M. GORIS, auxquels nous adressons l'assurance de notre profonde reconnaissance.

Tout est à faire dans l'étude de l'ouate de tourbe, et chaque point particulier mériterait de retenir des facultés plus puissantes et une science plus profonde que celles d'un modeste pharmacien. Mais il ne convenait pas de s'appesantir sur une propriété unique de l'ouate de tourbe avant d'avoir de ce produit l'idée générale que nous nous sommes efforcé de présenter.

Cette obligation dans laquelle nous nous sommes trouvé de traiter le sujet dans toute son étendue nous a empêché d'élucider quelques points particuliers et nous fera pardonner la nature hypothétique de certaines de nos conclusions sur lesquelles sans doute des chercheurs plus autorisés ne manqueront pas de nous éclairer.

*
* *

Ce travail est divisé en trois parties.

La première est le résumé de nos connaissances actuelles sur la tourbe et les tourbières.

La seconde partie comprend l'exposé de nos recherches sur l'ouate de tourbe. On y trouvera ainsi successivement passées en revue : les méthodes d'extraction et de préparation de cette ouate ; ses propriétés physiques et chimiques ; son action sur l'ammoniaque, les sels ammoniacaux et l'urée. Nous étudierons tout particulièrement les réactions oxydantes favorisées par cette matière, son action sur les ferments et microorganismes, son pouvoir absorbant, fixateur, décolorant et désodorisant.

Les applications pharmaceutiques et économiques de cette fibre, les méthodes de caractérisation et de dosage dans les différents tissus à l'ouate de tourbe, constitueront la troisième partie qui précèdera nos conclusions.

Dans le but de faciliter la lecture de ce travail, nous en donnons ci-dessous un plan très détaillé, qui rendra également plus aisées les recherches de ceux que ces différentes questions pourraient intéresser.

PLAN.

PREMIÈRE PARTIE.

- CHAPITRE I. — **Les tourbières.** — Définitions. — Mode d'établissement des tourbières. — Eau des tourbières. — Végétaux des tourbières. — Différentes sortes de tourbières : tourbières submergées, tourbières émergées, tourbières mixtes. — Principaux gisements tourbeux.
- II. — **La Tourbe.** — Définitions et constitution complexe des tourbes. — Agents de la transformation des végétaux dans les tourbières. — Nature des produits de transformations : matières humiques. — Tissus organisés subsistant dans la tourbe. — Différentes sortes de tourbe. — Usages de la tourbe.
-

DEUXIÈME PARTIE.

L'OUATE DE TOURBE.

- CHAPITRE III. — **La Tourbe fibreuse.** — Description. — Différents éléments végétaux qu'on y rencontre. — Examen histologique et microchimique des faisceaux fibreux. — Essai de détermination des plantes qui ont concouru à la formation de la tourbe fibreuse. — *Eriophorum Vaginatum*. — Action destructive exercée au sein des tourbières sur les différents tissus de ces végétaux. — Principaux gisements.
- IV. — **Extraction de la tourbe fibreuse et préparation de l'ouate de tourbe.**
- V. — **Propriétés physiques et chimiques et réactions de l'ouate de tourbe.**
1. — *Propriétés physiques.* — Aspect. — Odeur. — Elasticité. — Hygroscopicité. — Pouvoir absorbant pour les liquides. — Pouvoir absorbant pour les gaz. — Action des dissolvants neutres.

2. — *Propriétés chimiques.* — Réactions de la cellulose. — Réactions de la matière humique.
 3. — *Action sur l'ammoniaque.*
 4. — *Action sur les sels ammoniacaux et l'urée.*
— Fermentation nitrique. — Action de la substance humique sur les sels ammoniacaux et l'urée, en l'absence des microorganismes. — Nature des produits de transformation des produits azotés en présence de l'ouate de tourbe.
 5. — *Réactions oxydantes favorisées par l'ouate de tourbe.* — Oxydation de l'iode de potassium. — Oxydation de l'alcool.
 6. — *Comparaison des propriétés de l'ouate de tourbe et de celles du charbon.* — Absorption des gaz. — Pouvoir décolorant. — Fixation de l'iode. — Fixation des alcaloïdes
 7. — *Action sur les ferments.* — Pepsine. — Diastase. — Levûre de bière.
 8. — *Action « antiseptique » et antiputride.*
 9. — *Pouvoir désodorisant.*
-

TROISIÈME PARTIE.

CHAPITRE VI. — **Applications.** — Objet de pansement. — Tissus et autres objets hygiéniques.

- VII. — **Caractérisation et essai de dosage de l'ouate de tourbe dans des mélanges à d'autres fibres.**
-

CONCLUSIONS.

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER

Les Tourbières.

Définitions.—« Les *tourbières*, dit DE LAPPARENT (1), sont des lieux humides ou marécageux dans lesquels s'accomplissent, sous la protection de l'eau, la décomposition lente de certaines matières végétales et leur transformation en un combustible nommé *tourbe* tenant le milieu entre le règne organique et le règne minéral. »

Cette définition donne une idée succincte mais exacte du phénomène du tourbage, des conditions dans lesquelles il s'opère et du résultat général des transformations qu'y subissent les végétaux. Aussi parmi les nombreuses autres définitions, nous n'en citerons qu'une, celle de WEBER (2), qui indique mieux la signification géologique des tourbières et leur contribution à la formation de la couche terrestre :

« Les tourbières sont des formations de la surface du sol (toujours quarternaires, en général de la période des alluvions), dans lesquelles interviennent les plantes, et dont la partie

(1) DE LAPPARENT.— Traité de Géologie, 1900, 4^e édit., p. 345.

(2) WEBER (C.-A.). — Ueber die Vegetation und Entstehung d. Hochmoors v. Augstumal im Memeldelta. Berlin 1902, p. 226.

« Moore sind (in der Regel quartäre, meistens alluviale) Bildungen der
« Erdoberfläche, die unter der Mitwirkung von Pflanzenen tstanden sind und
« die stets oben eine Massenhäufung von kohlenstoffreichen (sauren) Zer-
« setzungsprodukten der fast reinen Pflanzensubstanz (zumal der Cellulose)
« aufweisen. »

supérieure est une accumulation de substances acides riches en carbone, provenant de la destruction des tissus végétaux, particulièrement de la cellulose.»

Mode d'établissement des tourbières — Une ancienne idée (1) émise sur la formation des tourbières est qu'elles proviendraient de la pourriture de végétaux entraînés par les eaux dans les vallées. C'est l'hypothèse du charriage.

ELIE DE BAUMONT (2) indique un mode de formation des tourbières terrestres : — Dans une mince couche d'eau lacustre se développent deux végétations : l'une, sur le fond du lac, est formée de végétaux dont les racines s'implantent dans le sol et dont la tige s'élève dans les eaux et s'étale à leur surface, y formant une pellicule légère et tremblante ; l'autre, s'installant sur cette pellicule, est formée de végétaux terrestres aimant l'humidité. Les racines du haut et les tiges venant du bas s'entremêlent, formant un feutrage spongieux de tourbe.

LESQUEREUX (3) indique l'action prépondérante des mousses, qui absorbent et retiennent l'humidité au contact de leurs éléments qui ne végètent plus et des débris des autres végétaux.

Aucune de ces hypothèses sur le mode de formation des tourbières n'est fausse, mais le phénomène du tourbage est plus général et présente à la surface de la terre plus d'ampleur que ces opinions ne semblent l'indiquer.

D'après la définition de DE LAPPARENT (4), dans les tourbières « les matières végétales se décomposent lentement sous la protection de l'eau. » Ces deux facteurs, *eau* et *végétaux*, se rencontrent en effet partout où se forme la tourbe. Malgré les conditions nombreuses et assez mal déterminées que l'un et

(1) D^r CECCHETONI. — La Torbiera du Camposta. — *Annali di Botanica*, Vol. IV, nov. 1907, fasc. 2, p. 308.

(2) B. RENAULT. — Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles. Tiré à part du Bulletin de la Société d'industrie minérale, St-Etienne, Théolier, 1900, p. 15.

(3) LESQUEREUX, d'après H. COUPIN. — Les microbes fossiles. — *Revue scientifique*, 4^e série, n^o 18, 1902, t. II, p. 517.

(4) DE LAPPARENT. — *Loc. cit.*, p. 345.

l'autre de ces deux facteurs doivent remplir, on peut dire que souvent ils sont suffisants pour la production de la tourbe.

Que les plantes « périssant par le pied constamment immergé puissent continuer à se développer en hauteur (1) » sur leurs produits de décomposition, et que les conditions d'humidité nécessaires subsistent, il s'établit une tourbière.

Eau des tourbières. — Une haute température vaporisant rapidement l'eau s'oppose à l'établissement des tourbières ; aussi ne rencontre-t-on ces formations que dans les contrées tempérées et les contrées froides. La température moyenne la plus favorable est 6° à 8° ; c'est sur les revers des Pyrénées que se trouvent les dépôts tourbeux les plus rapprochés de l'équateur ; au nord, ils s'arrêtent là où il n'existe plus de végétation, c'est-à-dire vers le cap Nord ou le 70° degré de latitude.

L'eau nécessaire au phénomène du tourbage peut être d'origine lacustre provenant d'une collection au fond d'une vallée ; elle peut provenir d'irrigations périodiques de plaines à proximité des fleuves ou des rivières ; elle a parfois sur les pentes et les plateaux une origine purement tellurique, suintant lentement à la surface du sol pour être recueillie et retenue par les plantes ; elle peut enfin être purement atmosphérique, vapeur condensée, eau de pluie captée au moment de sa chute dans la masse des végétaux de la tourbière.

La composition chimique de l'eau en rapport avec la biologie des plantes modifie la végétation, et par suite l'aspect et la composition de la tourbe. Les éléments qu'elle tient en dissolution exercent vraisemblablement sur les tissus végétaux une action profonde qui contribue à faire de la tourbe un produit spécial, différent des autres produits de décomposition de la cellulose.

Végétaux des tourbières. — Tous les végétaux, arbres, arbustes, plantes à tissus délicats, peuvent fournir de la tourbe ; cependant quelques-uns, par la texture de leurs tissus et la disposition de leurs organes, jouent un rôle important, et leur intervention est parfois indispensable pour la constitution

(2) DE LAPPARENT. — *Loc. cit.*, p. 340.

d'une tourbière. Ce sont des espèces qui croissent rapidement, qui absorbent et emmagasinent une forte proportion d'eau et établissent une nappe humide à la surface des tissus végétaux englobés dans leur masse.

Les sphaignes constituent le plus bel exemple de ce genre ; chez ces mousses, les rameaux se côtoient entre eux et avec la tige principale ; les feuilles sont accolées aux rameaux et imbriquées les unes sur les autres, ce qui constitue un riche système capillaire externe. Les tiges et les feuilles sont tapissées de cellules hyalines spéciales (fig. 9, pl. I) sans plasma ni chlorophylle, qui se gorgent de liquide avec facilité. Ces raisons, jointes à l'absence de tissu conducteur dans la tige, expliquent leur faculté d'absorber et de retenir, à la façon d'une éponge l'eau qui arrive à leur contact.

Certaines Cypéracées (*Eriophorum vaginatum*) à feuilles engainantes et croissant en touffes épaisses et compactes jouent un rôle analogue par le système d'espaces plans capillaires multiples que constituent leurs feuilles rapprochées.

D'autres mousses, d'autres monocotylédones agissant par le même mécanisme concourent à la formation des tourbières dont la surface est alors constituée par un « vaste gazon de ces espèces végétales avec leurs habitants » (1).

Différentes sortes de tourbières. — Les conditions climatiques, la constitution physique et chimique du sol, la configuration de la surface, la composition des eaux et leur régime, la nature de la végétation sont des facteurs intimement liés et dépendant les uns des autres. Que l'un ou l'autre varie, l'aspect et la constitution des tourbières sont modifiés. On distingue cependant dans ces formations deux types caractéristiques : les *tourbières submergées* et les *tourbières émergées*.

a) *Tourbières submergées.* — Les tourbières submergées (marais infraaquatique, bas marais, marais immergé, marais

(1) FRÜH et SCHRÖTER. — Die Moore der Schweiz, Bern. 1904, disent (p. 71) des marais émergés : « Ein Hochmoor ist ein grandioser sphagnumrasen mit seinen Bewohnern. » (Nous citerons souvent ce travail de MM. FRÜH et SCHRÖTER qui contient une étude critique détaillée et minutieuse des tourbières et de très nombreuses indications bibliographiques).

lacustre, Flachmoor) s'établissent aux rives des cours d'eau, sur le bord des lacs, dans les étangs présentant une mince couche d'eau. Un faible courant est indispensable : il est généralement établi par la perméabilité du sol (1). L'origine de cette eau est purement tellurique, provenant d'inondations périodiques ou de l'accumulation dans un bas fond des eaux du bassin avoisinant.

Les végétaux implantent leurs racines dans le sol immergé, sortent de l'eau, accomplissent leur végétation annuelle et déposent à leur pied les détritux de leurs feuilles.

Cette flore est particulièrement riche en glumiflores ; nombreuses sont les touffes compactes de cypéracées (*Carex*, *Trichophorum*, *Schænus*) ; les graminées sont aussi très répandues (*Molinia cærulea*, *Bromus erectus*, *Agrostis canina*, *Festuca rubra*, *Brachipodium pinnatum*, *Anthoxanthum*). Parmi les mousses, les *Hypnum* prédominent. Dans la masse de ces végétaux s'entremêlent quelques tiges de Polypodiacées, de Typhacées, d'Aroïdées, d'Equisétacées, de Nymphéacées, de Dicotylédones herbacées (Stellaires, *Primula farinosa*, Lysimaques, Epilobes, Véroniques, Centaurées, Rumex, *Polygonum*, Renoncules, Ményanthes, Ciguës, Menthes, Œnanthe, etc.)

Les arbres sont généralement des *Rhamnus*, des *Betula*. On peut remarquer l'absence constante de sphaignes, d'Ericacées et d'*Eriophorum vaginatum*.

La nature et la proportion des substances en dissolution dans l'eau sont en rapport avec la biologie des végétaux calcicoles, qui dominant dans ces tourbières ; elles contiennent toujours une forte proportion de sels minéraux dont la majeure partie sont des sels de chaux. L'apport abondant des éléments nutritifs provoque un développement considérable des parties souterraines des plantes qui prennent une part prépondérante à la formation de la tourbe.

En raison du mode de végétation de ces plantes et du système d'irrigation, la surface de ces tourbières est toujours plane, d'où le nom de Flachmoor (FRÜH et SCHRÖTER).

b) *Tourbières émergées*. — Les tourbières émergées (haut

(1) DE LAPPARENT. — *Loc. cit.*, p. 352.

marais, marais émergé, marais supra-aquatique, Hochmoor) sont les tourbières des plateaux, des pentes et des plaines éloignées des cours d'eau. Un élément constant et caractéristique de ces tourbières est le *Sphagnum*. Ces mousses absorbent l'eau tellurique qui sourd à la surface du sol ou l'eau atmosphérique provenant des pluies ou de la condensation de la vapeur d'eau; leurs tiges et leurs surgeons, éponges gorgées de liquide, maintiennent au contact des débris végétaux l'eau nécessaire à leur transformation en tourbe. Cette eau, même l'eau tellurique, est toujours pauvre en sels dissous; les sphaignes ne s'accommoderaient pas d'une eau riche en substances minérales.

A côté des sphaignes on rencontre d'autres mousses (*Politrychum*, *Bryum*, certaines espèces d'*Hypnum*). Et au milieu de ce gazon de muscinées, des lycopodées, des fougères, des cypéracées (*Eriophorum vaginatum*, élément essentiellement typique des tourbières émergées), divers *Carex*, *Rynchospora*, des graminées (*Nardus*, *Molinia caerulea*, *Anthoxanthum*, *Festuca*, *Agrostis*), des joncacées, des joncaginées (*Scheuchzeria palustris*), quelques orchidées et aracées; parmi les dicotylédones il faut citer des végétaux herbacés (*Drosera*, *Potentilla palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *saxifraga hirculus*, *Lysimachia*, *Sedum*, *Sagina*, *Alsine*, *Rumex*, *Arnica*, *Viola*), des arbustes (*Erica*, *Vaccinium*, *Oxycoccus*, *Empetrum*, *Sedum palustre*, *Myrica Gale*), des arbres (*Betula nana et pubescens*, *Rhamnus frangula*, *Sorbus aucuparia*); fréquents sont les conifères (*Pinus* divers).

Les *Sphagnum*, les *Erica*, l'*Eriophorum vaginatum*, qui ne se rencontrent jamais dans les tourbières submergées sont absolument propres aux tourbières émergées.

Les eaux n'apportent à ces plantes oligotrophes qu'une faible proportion de matières nutritives; le système racinaire est faiblement développé par rapport aux organes aériens, qui contribuent en majeure partie à la formation de la tourbe.

Le mode de végétation des sphaignes fait souvent de ces tourbières des monticules, dont la surface est en forme de dôme ou de « verre de montre », et s'élevant au-dessus du sol sur lequel ils reposent.

c) *Tourbières mixtes*. — Une tourbière n'appartient pas toujours exclusivement à l'un ou à l'autre de ces types.

Souvent, au contraire, les conditions climatiques (1) ont changé et avec elles la végétation, et les plantes de la surface sont différentes de celles qui ont contribué à la formation de la tourbe profonde.

Parfois l'accumulation des produits végétaux d'une tourbière immergée amène sa surface au-dessus du niveau des eaux d'irrigation ; il s'établit alors une végétation de sphaignes, et une tourbière émergée est constituée à la surface de l'ancienne (2).

Au Danemark (3), on peut constater dans certains marais tourbeux la succession de plusieurs flores.

Parfois des alluvions s'interposent entre deux couches de tourbe.

Il existe des tourbières sous-marines qui, après avoir été formées par des végétaux terrestres, ont été recouvertes par l'Océan ; on en rencontre sur nos côtes à Calais. Il en est enfin de véritablement marines, composées exclusivement d'algues et de végétaux marins (Presqu'île d'Irlande, près de Drontheim).

Les tourbières des pays du Nord présentent parfois de véritables gisements d'espèces forestières fossiles (4). Leur origine serait due à des « bouleversements de la nature ». Des auteurs (5) ont même prétendu que certaines tourbières doivent leur origine à cette destruction soudaine de forêts : « ... Un ouragan accompagné de pluies torrentielles vient s'abattre tout d'un coup sur la forêt, déracine les arbres, les brise et les renverse ; l'obstacle que les troncs, les branches et les feuilles apportent au libre écoulement des eaux constitue un véritable marais ; les végétaux de la tourbière recouvrent et enfouissent rapidement ces troncs d'arbres (6) ».

(1) L'importance des variations de climat a été signalée par MM. BLYTT, NATHORST et STEENSTRUP en Scandinavie, par M. FLICHE en France (d'après F. PRIEM, la terre avant l'apparition de l'homme, 1894, p. 441) ; par M. GEIKIE aux Iles Shetland (d'après NEUMAYER, Erdgeschichte, t. II, p. 610).

(2) BOURGEAT. — Tourbières du Jura. Poligny, 1885.

(3) A. BRIART. — Principes élémentaires de Paléontologie, 1883.

(4) A. BRIART. — *Loc. cit.*

(5) Ch. PATIN. — Traité des tourbes combustibles, 1663.

(6) LA RENNIE, Dr WALKER, d'après BOSC. — Traité complet de la tourbe, 1870.

(6) BOSC. — *Loc. cit.*, p. 26.

Principaux gisements de tourbe. — L'importance des tourbières varie dans une large mesure : on en rencontre de quelques mètres carrés de surface et de quelques centimètres d'épaisseur : mais elles sont essentiellement envahissantes et constituent parfois d'immenses amas. Tels sont les « bogs » d'Irlande comprenant plus d'un million d'hectares et ayant parfois treize mètres de profondeur et l'immense tourbière qu'est le sous-sol de la Hollande, du Danemark et de l'Allemagne du Nord.

La Russie renferme des formations tourbeuses encore plus importantes. L'Amérique en est également pourvue (marais sinistre de la Caroline du Nord et de la Virginie).

La France a environ 38 000 hectares de tourbières situées surtout sur les bords de la Somme, dans le Jura, la Loire-Inférieure et la Charente.

CHAPITRE II.

La tourbe.

Définitions. — Au sein des tourbières, les tissus végétaux se transforment « en un combustible nommé *tourbe* tenant le milieu entre le règne végétal et le règne minéral (de Lapparent) ».

D'après WEBER, la tourbe est constituée « par des substances acides, riches en carbone ».

Ces définitions ne donnent guère que cette indication : la tourbe est plus riche en carbone que les végétaux qui ont contribué à sa formation.

Les substances désignées sous le nom de tourbe ont en effet des compositions extrêmement variées et des aspects fort différents, et au sein d'une même tourbière on ne peut guère rencontrer deux échantillons de tourbe physiquement et chimiquement semblables.

Tout échantillon de tourbe est constitué de deux éléments : (a) des débris de tissus végétaux qui ont conservé leur organisation, (b) des produits résultant de la transformation de la cellulose, où toute organisation a disparu.

Quels sont les causes, la nature et le mécanisme de ces transformations ? Quel en est le résultat ?

« Les végétaux, dit EINHOF (1), surtout les cryptogames, entassés dans les contrées basses et humides périssent et entrent en décomposition. L'éloignement de l'air libre, un haut degré d'humidité et la température maintenue constamment basse par cette humidité impriment une direction particulière

(1) EINHOF. — Grundriss der Chemie für Landwirthe aus Heinrich Einhof's hinterlassenen Dictaten. — Berlin, 1808.

à cette décomposition et l'entretiennent. Il se forme dans la première période des matières qui empêchent une décomposition totale et donnent naissance à de nouveaux produits qui empêchent la pourriture rapide de la masse végétale et qui, avec le concours des autres circonstances qu'offre cette décomposition directe, fait que, par la séparation de l'hydrogène d'avec une petite quantité de carbone, la masse végétale se rapproche toujours du charbon ; et plus la tourbe est voisine de cet état, moins elle est exposée à la décomposition ; elle paraît même s'y soustraire tout à fait, de sorte qu'elle reste pendant des siècles dans cet état, en énormes dépôts, sans se modifier d'une manière sensible ».

On se rend déjà compte par là de la complexité du phénomène et de la multiplicité des facteurs qui l'orientent.

Agents de la transformation. — B. RENAULT (1) établit l'influence des microorganismes et des champignons inférieurs dans la formation de la tourbe. Il reconnaît dans les tissus qui ont résisté des « granulations bactériennes ». Les autres tissus ont disparu sous des influences diverses, entre autres le « travail microbien ».

« L'état de division des débris organiques peut être considéré comme le résultat de l'action de certains microcoques sur les membranes moyennes des cellules ».

« Les bois trouvés dans les tourbières montrent une altération de plus en plus profonde en allant de haut en bas ; leurs tissus sont parcourus par des mycéliums de champignons saprophytes ».

B. RENAULT caractérise deux microcoques anaérobies qu'il désigne sous le nom de *Micrococcus paludis* var. A. et B., et qu'il considère comme les principaux agents de la formation de la tourbe.

Il parle ailleurs de bactéries : *Cladothryx*, *Streptothryx Martyi*, *Bacillus Colletus*, *Streptothryx anthracis*.

Mais pour d'autres le rôle des organismes inférieurs n'est pas

(1) B. RENAULT. — Sur les microorganismes des combustibles fossiles, p. 9-45 et Note sur les tourbes (*Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle*, 1899, p. 50 à 57).

prépondérant. FRÜH (1) prétend que « l'action des microorganismes dans le phénomène du tourbage doit être regardée comme très faible ».

Et alors subsistent des influences mal déterminées telles que : l'action physique de la couche d'eau « exerçant sur la plus grande partie de la matière organique la même action protectrice qu'exerce la couverture de terre sur une meule de charbon de bois (2) » ; l'action chimique de l'eau et celle des corps qu'elle tient en dissolution provoquant des réactions multiples ; l'influence d'une température constamment basse ; l'action antiseptique et conservatrice de l'acide humique formé qui retarde et modifie la décomposition des tissus végétaux.

MM. FRÜH et SHRÖTER (3), après une étude critique très détaillée, donnent l'opinion suivante sur les phénomènes du tourbage :

C'est une destruction à basse température et très lente des tissus végétaux, retardée vraisemblablement par l'obstacle que met l'eau à l'accès de l'oxygène. Ce n'est pas un phénomène de fermentation ; d'autre part, l'action des microbes n'est pas bien démontrée.

Nature des produits de transformation — DE LAPPARENT (4) estime que le caractère de la transformation subie par un *Sphagnum* dans une tourbière peut être apprécié d'après le tableau suivant :

	C	H	O	Az	Somme
<i>Sphagnum</i> ...	49,88	6,54	42,42	1,16	100
Tourbe.....	59,50	5,50	33,	2,	100

On en déduit qu'en se transformant en tourbe la masse a perdu 29 % de son hydrogène et 35 % de son oxygène ; une

(1) FRÜH et SHRÖTER. — Die Moore der Schweiz, p. 128.

(2) DE LAPPARENT. — *L. c.*, p. 342.

(3) FRÜH et SHRÖTER. — *L. c.*, p. 161. « Der Verrotfungsprozess besteht « weder in einer nachweisbar durch Mikroben vermittelten Gährung, noch « einer Fermentwirkung, sondern in einem sehr langsamen, unter mög- « lichsten Abschluss des sauerstoffs durch Wasser gehinderten zerfall der « Pflanzenstoffe bei mässiger bis niederer temperatur ».

(4) DE LAPPARENT. — *Loc. cit.*, p. 342.

petite portion du carbone a disparu, oxydée par la petite quantité d'air tenue en dissolution dans l'eau.

DUCLAUX (1) exprime un peu différemment des résultats analogues en comparant les rapports $\frac{O}{C}$ et $\frac{H}{C}$ de l'oxygène et de l'hydrogène au carbone dans la tourbe et dans la cellulose initiale.

Pour la cellulose on a :

$$\frac{O}{C} = \frac{1}{0,9}$$

et

$$\frac{H}{C} = \frac{1}{7,2}$$

Pour les tourbes, on a en moyenne :

$$\frac{O}{C} = \frac{1}{1,8}$$

et

$$\frac{H}{C} = \frac{1}{9,8}$$

Il y a donc une perte importante d'oxygène et une perte faible d'hydrogène.

D'après BERTHELOT et JUNGFLISCH (2), « les tourbes, les lignites, la houille, l'anthracite représentent dans la nature les produits extrêmes des métamorphoses qui engendrent les produits humiques ».

Ces matières humiques proviennent de la destruction des tissus végétaux en général ; ils dérivent de ces produits hydrocarbonés « par la réunion d'un nombre de molécules plus ou moins considérable en une seule molécule, avec déshydratation ; ces phénomènes sont accompagnés en général par un changement dans la fonction chimique ».

Ces transformations sont produites artificiellement par les acides et les bases ; mais, sous l'action des phénomènes physiologiques, chimiques et microbiologiques, elles se produisent dans

(1) DUCLAUX. — Traité de microbiologie, 1901, t. IV, p. 489-490.

(2) BERTHELOT et JUNGFLISCH. — Chimie organique, 1898, t. I, p. 688.

une large mesure à la surface du sol, constituant alors l'humus du sol arable, les matières humiques de la tourbe.

Leur histoire chimique est à peine ébauchée ; le rôle grandiose qu'elles jouent dans la nature n'est pas scientifiquement déterminé.

« Quel que soit l'intérêt agricole que présentent les matières humiques (1), les chimistes paraissent avoir été rebutés par leur fixité, leur insolubilité, leur nature incristallisable. Il n'est guère possible, en l'état présent de nos connaissances, de les représenter par ces formules de constitution qui préoccupent tant les savants livrés à la chimie organique. Cependant, au point de vue général de la végétation et de la mécanique chimique, leur étude présente des problèmes non moins remarquables, en raison des phénomènes d'hydratation et de déshydratation, de condensation moléculaire et de transformations multiples des corps colloïdaux qui s'y rencontrent. On aperçoit même dans ces transformations, quelques-uns des mécanismes physiologiques en vertu desquels peut se produire l'emmagasinement des énergies extérieures qui président à la vie végétale ».

Nous citons ce passage pour montrer combien est difficile l'étude des produits humiques et nous faire pardonner l'imperfection de nos conclusions généralement hypothétiques.

MM. BERTHELOT et ANDRÉ (2) ont étudié des matières humiques préparées artificiellement, en partant du sucre.

1500 gr. de sucre de canne dissous dans l'eau et portés à l'ébullition pendant quelque temps avec de l'acide chlorhydrique pur et concentré ont fourni, après lavages prolongés à l'eau bouillante, 239 gr. de matière.

C'était une substance brune, presque noire, amorphe, insoluble, dont la formule serait voisine de $C^{18}H^{14}O^6$. Ce produit, desséché à 120° doit être regardé comme un anhydride condensé, dérivé de certains acides qui résultent de la métamorphose des sucres.

(1) BERTHELOT et ANDRÉ. — Recherches sur les substances humiques (*Annales de physiques et de chimie*, sixième série, t. XXV, p. 364 et 365).

(2) BERTHELOT et ANDRÉ. — Recherches sur les substances humiques. *Loc. cit.*, p. 364-403.

Le corps en poudre, étant délayé dans cinq fois son poids d'eau produit d'abord une masse fluide ; puis elle s'épaissit ; le composé se gonfle peu à peu et finit par acquérir une consistance gélatineuse. Il se comporte donc comme un colloïde.

Avec l'acide pur, l'action à froid est insensible ou douteuse, même au bout d'un temps considérable dans l'obscurité. La lumière détermine une oxydation très lente. En présence des alcalis, il y a une absorption rapide d'oxygène (un centième, en poids, en 48 heures et, au bout d'un temps prolongé, deux centièmes).

Il se forme divers composés qui attestent le caractère polybasique de l'acide. Ainsi, avec la potasse on a :

- 1° Un sel monobasique insoluble ;
- 2° Un sel tribasique insoluble, décomposable par l'eau ;
- 3° Un sel plus basique, soluble dans l'eau.

L'ammoniaque se comporte d'une façon particulière : elle produit un acide amidé spécial, ou, pour mieux dire, des sels ammoniacaux de cet acide amidé. Une portion de l'azote ammoniacal passe ainsi à l'état de composé organique stable et insoluble, sous l'influence de l'acide humique.

La conclusion de la communication de MM. BERTHELOT et ANDRÉ est que l'anhydride humique participe à la fois des propriétés des anhydrides d'acide et des anhydrides alcooliques ; il est comparable, à certains égards, aux lactones.

MM. BERTHELOT et ANDRÉ (1) extraient les matières humiques du sol par l'action sur le sol de HCl et HF1, et reconnaissent parmi elles :

- 1° Des principes insolubles à froid dans les alcalis ;
- 2° Des principes solubles dans les alcalis se précipitant ensuite par les acides ;
- 3° Des principes solubles dans les alcalis et non précipitables par les acides, c'est-à-dire engendrés par dédoublement ou hydratation.

(1) BERTHELOT et ANDRÉ. — Substances humiques du sol, *C. R. Ac. Sc.*, 1893, I, p. 669.

Les seuls principes isolables sont les seconds ; leur composition centésimale est :

C.....	52,2
H	6,3
Az	3
O	35
Cendres	3,5

On peut remarquer que ces substances humiques contiennent une proportion notable d'azote.

Peu oxydables à l'obscurité, elles s'oxydent à la lumière (2) en donnant de l'acide carbonique, de l'eau, et une faible proportion d'un produit soluble. Leurs propriétés générales se rapprochent de celles de l'acide humique artificiel.

Les matières humiques de la tourbe ne sont pas formées par les mêmes agents ni d'après le même processus que les matières humiques du sol ; c'est pourquoi il y a lieu de penser qu'il existe une différence dans la constitution et les propriétés chimiques de ces deux sortes de produits.

MÜLLER (1) distingue, en effet, l'humus de la terre arable (l'humus doux — milder humus), de celui de la tourbe (humus acide — saurer humus). Celui-là, l'œuvre des arthropodes, des vers, des rhizopodes, est pauvre en matière organique non humifiée, riche en produits d'excrétion des animaux vivants et privé d'acide humique libre soluble. — Au contraire, la matière humique de la tourbe, produite par la décomposition immédiate des végétaux, présente de nombreuses parties de plantes non détruites ; elle est exempte d'excréments d'animaux ; elle est sensiblement soluble dans l'eau et riche en acide humique libre.

WOLLNY (2) estime que ces deux humus se sont produits par des processus fort différents : « l'humus doux » par oxydation ; « l'humus acide » par réduction. Bien que cette distinction n'ait rien d'absolu, nous indiquerons le schéma que donne cet auteur de ces deux processus :

(2) MÜLLER. — Studien über die natürlichen Humusformen, Berlin 1887.

(3) WOLLNY (E.). — Die Zersetzung der organischen Stoffe und Humusbildungen mit Rücksicht auf die Bodenkultur. — Heidelberg, 1897.

Processus d'oxydation

C devient CO^2 .

H^2 devient H^2O .

Les corps albuminoïdes, les matières azotées deviennent : AzH^3 , AzO^2H , AzO^3H et Az libre.

S devient SO^3 .

Résidu. — Riche en matières carbonées et en CO^2 (sans acide humique libre).

Condition principale. — Libre accès de l'oxygène et action des champignons et des animaux inférieurs.

Produit principal :
Humus doux.

Processus de réduction.

C'est transformé en majeure partie en CH^4 (une faible quantité en CO^2 .)	}	Formation d'acides gras cristallisables, comme les acides : formique, butyrique, acétique, propionique, valérianique et d'acide humique.
--	---	--

H^2 tend à CH^4 et H^2O .

Destruction restreinte des corps azotés et formation de combinaisons telles que : *Leucine, Tyrosine, Indol, Skatol, Amines primaires, Acides amidés.*

S devient H^2S .

Résidu. — Riche en substances carbonées, combinaisons difficilement destructibles, riche en acide humique.

Condition principale. — Absence d'oxygène.

Produit principal :
Humus acide (Tourbe).

Deux caractères très nets de la matière humique sont donc son acidité et sa solubilité.

D'après MM. FRÜH et SCHRÖTER (1), la tourbe fraîche rougit le papier bleu de tournesol. L'eau de la tourbe conserve après ébullition ses propriétés acides, ce qui prouve que cette réaction n'est pas due à l'acide carbonique.

L'acide humique de la tourbe est soluble dans l'eau : dans 6.500 parties d'eau froide, 2.500 parties d'eau à 15° et 160 parties d'eau bouillante. — Le pouvoir colorant est assez considérable : une proportion de 1 pour 1000 colore l'eau en jaune vineux.

Soluble dans les acides minéraux faibles, par exemple dans l'acide phosphorique, il est précipité par les acides forts.

Il contient toujours de l'azote ; ce que SPRENGEL (3) semble

(1) FRÜH et SCHRÖTER. — *Loc. cit.*, p. 162.

(2) BERTHELOT et ANDRÉ. — *Ann. de Ph. et Ch.*, 1892, 6^e série, t. 25, p. 420.

(3) SPRENGEL. — *Chemie für Landwirte*, 1831.

ignorer en indiquant pour ce produit la composition centésimale suivante :

C.....	58
H.....	2,1
O.....	39,9

Nous donnons cependant ces chiffres qui se rapprochent de ceux fournis par l'analyse de la matière humique du sol.

A l'air libre, il s'oxyde rapidement en donnant de l'acide carbonique et de l'eau ; en solution, il s'oxyde moins rapidement.

Il possède la propriété de décomposer sous l'eau le carbonate de chaux.

Il forme avec les alcalis des sels facilement solubles. Avec la chaux, la magnésie, le fer, les combinaisons sont très peu solubles.

L'examen microscopique des tourbes y décèle de petites parcelles translucides couleur de miel. Des traitements par les alcalis étendus enlèvent une substance précipitable ensuite par l'addition d'acide chlorhydrique ; mais, après des traitements répétés par les alcalis, il reste une portion insoluble désignée par différents auteurs sous le nom d'« humus indifférent » (1). Il nous semble vraisemblable que ce produit soit un sel alcalin insoluble de l'acide humique analogue à ceux que signalent MM. BERTHELOT et ANDRÉ.

Ce sont les seuls documents que nous ayons pu trouver sur les propriétés de la matière humique de la tourbe ; nous reviendrons sur ces propriétés au cours de l'étude de l'ouate de tourbe.

Tissus organisés subsistant dans la tourbe. — Au sein de cette masse humifiée, on rencontre des parties de végétaux

(1) WOLLNY (E.). — *Loc. cit.*, p. 215.

RAMANN-REMELE. — Anzahl und Bedeutung der niedern Organischen in Wald- und Moor-böden. *Zeits. f. Forst und Jagdwesen*, 1899, p. 15.

VON OLLECH. — Ueber den Humus und seine Beziehungen zur Boden fruchtbarkeit. Berlin 1890, p. 15.

DETMER. — Die natürlichen Humuskörper des Bodens und ihre landwirtschaftl. Bedeutung. *Landw. Versuchsstationen*, XIV, 1871. Zugleich Diss. Leipzig.

qui ont conservé leur organisation; leur proportion et leurs dimensions varient en raison de l'ancienneté de la tourbe et de la constitution chimique des tissus végétaux.

La transformation des végétaux en tourbe est en effet progressive, et dans une tourbière de type simple, on peut suivre ces modifications. La tourbe la plus récente, celle qui se trouve à la surface, possède un tissu très lache, formé par l'entrelacement de tissus végétaux incomplètement transformés et de racines d'arbustes, avec parfois du sable et de la terre de marais; c'est ce qu'on nomme dans certaines régions le *bouzin*.

Plus bas, sa couleur est plus foncée; elle conserve encore des débris végétaux parfois abondants mais agglomérés au sein d'un ciment sensiblement homogène; à la base, la tourbe est noire et compacte et l'on cesse d'y reconnaître à l'œil nu les espèces végétales dont elle provient; c'est seulement au microscope qu'on peut y déceler quelques débris de la flore qui lui a donné naissance.

La cellulose surtout est atteinte dans le phénomène du tourbage; ce fait est mis en évidence par la comparaison des proportions de cellulose que comportent un *sphagnum* en végétation et la tourbe qu'il produit (1).

<i>Sphagnum cuspidatum</i>	20,8 à 21,42 p. 0/0 de cellulose		
Tourbe extraite entre 0m20 et 1 m. de profondeur.....	15, à 15,37	—	—
Tourbe extraite entre 1 et 2 m. de profondeur.....	6,64 à 7,1	—	—

Les tissus imprégnés de résine, de matières minérales, de lignine, de cutine, de liège, résistent plus longuement, et constituent généralement les parties végétales fossiles des tourbières.

Les conifères, le chêne résistent beaucoup mieux que l'aulne et le bouleau.

Chez les végétaux herbacés, la partie aérienne est généralement plus facilement détruite que les rhizomes et le système racinaire. Dans les feuilles, le mésophylle disparaît, tandis

(1) H. V. FEILITZEN. — Ueber die Zusammensetzung des Torfes, über Gährungsversuche, und über die angebliche Humusbildung aus Zucker mit Kaliumpermanganat. Diss. Göttingen, 1897.

que les fibres lignifiées des nervures et l'épiderme cuticularisé résistent plus longtemps. L'imprégnation de silice des tissus des graminées et des cypéracées, la forte lignification de leurs fibres sont vraisemblablement la cause de leur bonne conservation au sein des tourbières.

D'après B. RENAULT (1), « les débris microscopiques qu'on trouve dans la tourbe faite, la plus profonde et la plus ancienne proviennent des tissus les plus résistants, tels que cuticules, lièges, spores, grains de pollen, cadres épaissis cloisonnant les vaisseaux, masses protoplasmiques de formes variées ayant subi une sorte de tannage... ».

Mais on s'explique mal la résistance remarquable des mousses *Hypnum* et *Sphagnum*, qui présentent une faible teneur en silice et une lignification nulle. On rencontre dans la tourbe des algues unicellulaires fort bien conservées. Dans la tourbière de SAGNEVAGNARD (2) (vallée de Joux, Jura), on trouve à 2 m. 50 de profondeur des colonies de *Microcystis* bien caractéristiques à côté de cellules de bois de bouleau totalement humifiées. D'autre part, GUIGNET (3) a extrait de la tourbe de Beauvais de la chlorophylle avec son spectre caractéristique.

Il est possible que la cause de la conservation des organes végétaux dans la tourbe réside dans leur composition chimique intime, qui les rend aptes à se combiner avec des produits qui prennent naissance au cours du tourbage et à subir ainsi une sorte de tannage. Mais cette composition chimique moléculaire « est beaucoup trop peu connue pour qu'on puisse émettre une opinion à ce sujet ».

Différentes sortes de tourbe. — Nombreuses sont les désignations données aux tourbes. Ces désignations sont basées sur différentes données : la couleur, la consistance, les usages, la situation des gisements.

Nous indiquons une des classifications données par MM. FRÜH

(1) B. RENAULT. — Note sur les tourbes. — *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle*, 1899, p. 56.

(2) FRÜH et SCHRÖTER. — *Loc. cit.*, p. 172.

(3) GUIGNET. — Analyse immédiate des tourbes ; leur constitution chimique. — *C. R. Ac. Sc.*, t. XCI, p. 889.

et SCHRÖTER (4) et basées sur la provenance des débris végétaux qui dominent dans la masse de la tourbe, et sur leur degré de transformation. On distingue ainsi deux sortes de tourbes, celles où les débris végétaux sont visibles à l'œil nu, et celles où l'usage du microscope est nécessaire pour les découvrir.

Parmi ces dernières on ne peut guère faire de distinctions bien nettes ; cependant à côté de la *tourbe compacte* (Spechtorf) qui est sa désignation habituelle, on parle d'une *tourbe schisteuse* (Schieferkohlenartiger Pechtorf) et d'une *tourbe amorphe* (tourbe à forme), sorte de limon sans organisation.

Les autres tourbes constituent les *tourbes fibreuses* et les *tourbes spongieuses*.

Celles-ci sont des *tourbes de mousses* (Moostorf des auteurs allemands, Moss peat, Spongy peat des Anglais). Spongieuses, faiblement colorées, très légères, se désagrégeant facilement, elles forment en particulier les monticules de tourbe de la Suède et du Danemark. On n'y trouve comme éléments organisés que de nombreuses feuilles caractéristiques d'*Hyppnum* et de *Sphagnum*.

La dénomination de *tourbe fibreuse* peut être attribuée aux espèces suivantes :

Les Allemands désignent sous le nom de Rasentorf (*tourbe gazonneuse*) ou de Radizellentorf (*tourbe de racelles*) la couche supérieure d'un grand nombre de gisements tourbeux ; c'est un lâche feutrage de racines, de rhizomes, de débris végétaux aériens incomplètement transformés et qui n'ont souvent subsisté qu'en raison de leur court séjour dans la tourbière. Ce serait la tourbe de PLINÉ (Cespites bitumosi, *Naturæ Histor.*, liber, XVI, 2). Une variété est la *tourbe de roseaux* (Schilftorf ou Rohrtorf) contenant une forte proportion de gros rhizomes de plantes diverses.

Les tourbières émergées présentent parfois une tourbe riche en fibres et en feuilles de glumiflores que désigne plus spécialement notre terme français de *tourbe fibreuse*. C'est l'*Etoupe* de la tourbière du Sentier (Suisse), la *tourbe charponneuse* de *Sainte-Croix*. D'après un grand nombre d'auteurs, les fibres proviennent des feuilles de l'*Eriophorum vaginatum*. MM.

(4) FRÜH et SCHRÖTER. — *Loc. cit.*, p. 238-240.

FRÜH et SCHRÖTER (1) rangent en effet dans cette catégorie :

Le *Bast-torf* (tourbe en filasse), tourbe de Schussenreid, constituée d'après FRANK (2) par des *Eriophorum* et des *Calluna*.

Le *Lindbast* (3) de Einsiedeln, Almatroth et Zugerberg, formée d'*Eriophorum*, de *Sphagnum* et de *Vaccinium*.

Le *Haarturben*, le *Chatzen* d'Andivill (St-Gall.), le *Bultliegen*.

Le *Kooflesch* des tourbières oldenbourgeoises, formées, d'après FOOKE (4), d'*Eriophorum vaginatum*.

Le *Steichtorf* de Saxe, formé, d'après MÄNNEL (5), d'*Eriophorum*, de *Vaccinium* et de *Sphagnum*.

Le *Myrultorf* (6, 7) de Norwège.

Nous étudierons plus loin une tourbe de cette catégorie.

Usages de la tourbe (8). — Nous ne ferons que citer les principaux. Elle est surtout utilisée comme combustible ; une tourbe mousseuse est employée en construction ; la poudre de tourbe est transformée en compost ; certaines tourbes fibreuses constituent la tourbe litière ; sa cellulose sert à la fabrication de l'alcool ; elle est transformée en papier et employée parfois comme objet d'emballage ; enfin, ce qui nous intéresse particulièrement, elle est utilisée comme matière textile et comme objet de pansement.

(1) FRÜH et SCHRÖTER. — Die Moore der Schweiz, p. 239.

(2) FRANK. — Württ. Jahresb., 1887, p. 84 ; et Mitt. d. Ver. zur Förderung der Moorkultur ; VI, 1888, p. 250.

(3) **Lindbast.** = Filasse de tilleul (par analogie avec cette filasse utilisée anciennement dans la région).

(4) FOOKE W. O. — Abh. nat. Ver. zu Bremen 1869, p. 258.

(5) MÄNNEL. — Die Moore des Erzgebirges und ihre fortwirtschaftliche und nationalökonomische Bedeutung, mit besonderer Berücksichtigung des sächsischen Anteils. — Diss. Separat Abdruck aus des Forstlich — naturwissensch. Zeitschrift. München, 1896, p. 12.

(6) **Myruld.** = *Eriophorum vaginatum*.

(7) STANGELAND. — Om Torvmyrer i Norge. Norges Geologiske Undersø. gelse. IV, 20, p. 26-30.

(8) Voir à ce sujet :

BOSC. — Traité complet de la tourbe, Paris, 1870.

Dr Théodor KOLLER. — Handbuch der Torfindustrie (Wien, Hartleben, 1898.

Alb. LARBALÉTRIER. — La tourbe et les tourbières (de l'*Encyclopédie scientifique de Aides-Mémoires*, Léauté, 1900.

DEUXIÈME PARTIE.

L'Ouate de tourbe.

CHAPITRE III.

La Tourbe fibreuse.

Certaines tourbes fibreuses constituent une véritable filasse fossile, agglomérée dans une faible proportion d'une gangue humique noirâtre, et des manipulations assez simples permettent d'en extraire une substance filamenteuse connue sous le nom de *laine* ou d'*ouate* de tourbe.

Description. — La description suivante est celle d'un échantillon d'une de ces tourbes provenant de la région d'Hellenhaven (Hollande) (1) et avec laquelle on fabrique l'ouate qui servira à nos expériences.

A un demi-mètre environ de la surface du sol, elle forme un lit de 30 centim. d'épaisseur. Au-dessus est une couche plus légère où quelques éléments fibreux sont inclus au sein d'une masse spongieuse de texture différente. Au-dessous, presque sans transition, la tourbe prend l'aspect d'un terreau noirâtre où les débris végétaux ne sont plus guère visibles à l'œil nu.

(1) Cet échantillon nous a été procuré par la *Société Française des tourbières pasteurisantes*. Toutes nos expériences seront faites avec une *ouate* de cette tourbe.

Par la dessiccation, il se produit dans cette tourbe fibreuse un retrait dans le sens vertical et une division en feuillets peu épais sensiblement horizontaux.

En effritant avec soin le ciment, on met en liberté les débris végétaux qui constituent environ les trois quarts de la masse : ce sont des fragments de rhizomes, quelques racines et tiges ligneuses, et surtout des tiges herbacées fibreuses. De plus, si l'on examine au microscope une parcelle de ciment humique, on y rencontre presque toujours des écailles membraneuses formées par des cellules caractéristiques de *sphagnum* (fig. 9, pl. I).

Les débris de rhizomes sont assez rares ; le cylindre central se sépare facilement du parenchyme cortical qui lui constitue une sorte de manchon membraneux. L'examen d'une coupe transversale y fait voir la structure caractéristique des monocotylédones.

Les débris herbacés forment de petites mèches effilochées, aplaties, de la largeur d'un doigt, longues de 5 à 15 centim. environ.

A l'une des extrémités, les éléments sont cohérents et semblent formés de plusieurs membranes superposées. Des filaments de diamètres inégaux sont isolés dans l'autre partie et constituent une sorte de pinceau plus ou moins irrégulier. La majeure partie de la masse végétale est constituée par des fibres ; cependant on y rencontre aussi de nombreux vaisseaux, des parenchymes, des débris d'épiderme.

La plupart de ces lambeaux épidermiques sont constitués par des cellules rectangulaires beaucoup plus longues que larges, à dimensions très variables ; les parois sont régulièrement et profondément sinueuses ; les stomates sont rares. (Fig. 4, pl. I). On rencontre aussi des épidermes formés de cellules rectangulaires (fig. 7, pl. I) ou hexagonales (fig. 8, pl. I), à parois non sinueuses.

Nous donnons ci-contre la forme de divers parenchymes rencontrés dans la tourbe fibreuse (fig. 3 et 6, pl. I).

La plupart des vaisseaux sont pourvus d'ornementations en spirales ; mais on rencontre aussi des vaisseaux annelés (fig. 2, pl. I), rayés et ponctués.

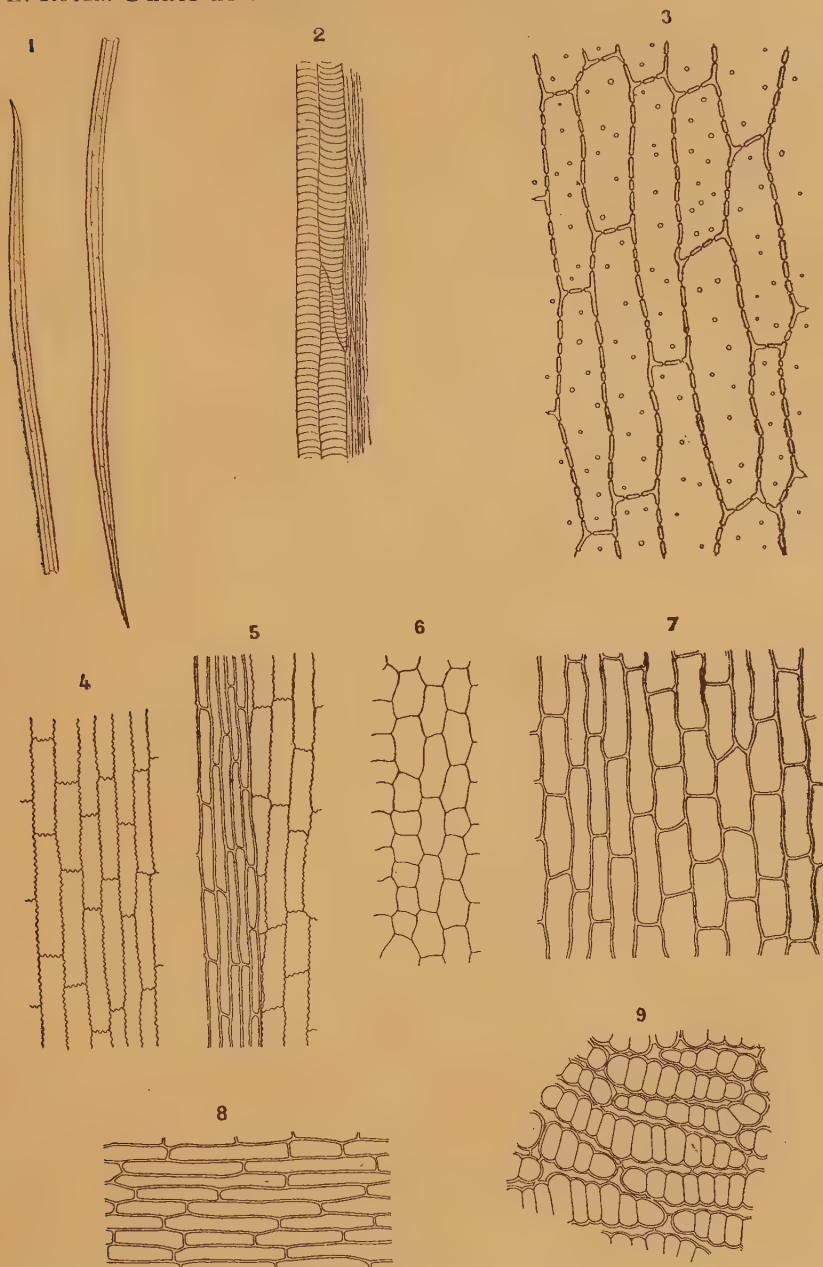


PLANCHE. I. — **Éléments de la tourbe fibreuse.** — 1. Fibres (qui constitueront presque uniquement l'ouate de tourbe) $G = 300$ D. env. — 2. Vaisseaux, $G = 300$ D. env. — 3. Parenchyme ponctué d'origine indéterminée $G = 300$ D. env. — 4, 5, 7, 8. Epidermes divers $G = 180$ D. env. — 6. Parenchyme $G = 180$ D. env. — 9. Cellules de Sphaigne $G = 300$ D. env.

Examen micrographique des filaments. — Dans un travail paru dans le *Bulletin des Sciences pharmacologiques* de décembre 1906, nous avons fait en collaboration avec M. Dumesnil une étude des filaments.

A. Sens longitudinal. — Si, après les avoir isolés par frottement, on les examine au microscope, on constate que ces filaments, de couleur jaune brun, sont pourvus de nombreuses stries longitudinales sensiblement parallèles; de place en place, on distingue de petites stries transversales rectilignes. A leur surface se rencontrent des filaments plus fins, de même aspect, se détachant du faisceau principal, des fibres pourvues d'une cavité et ayant une de leurs extrémités détachée du faisceau, des trachées ligneuses, des débris d'épiderme et de parenchyme décrits plus haut,

B. Coupe transversale. — Pour faire une coupe, il faut commencer par agglomérer les filaments. On y arrive facilement en opérant de la façon suivante :

On déshydrate le produit par un séjour de 12 heures dans l'alcool à 80°, puis de 12 heures dans un mélange d'alcool absolu et d'éther anhydre. On a, d'autre part, préparé un collodion faible en ajoutant à un volume de collodion officinal non riciné un demi-volume d'alcool absolu et un demi-volume d'éther anhydre. On dépose sur une plaque de verre, autant que possible parallèlement, les filaments déshydratés; puis, au moyen d'un agitateur, on les imprègne d'une petite quantité de collodion, on les applique l'un contre l'autre et on laisse sécher; on renouvelle la même opération plusieurs fois, jusqu'à ce que les filaments soient cohérents et qu'on ait obtenu une petite baguette rigide. Les coupes transversales sont faites dans cette petite baguette bien desséchée.

Si l'on examine ces coupes au microscope, on constate que les filaments sont formés d'une agglomération de fibres à section polygonale ayant 4 à 6 côtés rectilignes; le lumen affecte des formes et des dimensions variables; il est généralement circulaire et très petit; il est parfois elliptique.

Les parois de la fibre présentent une teinte jaune sur toute la surface de leur section; une zone de teinte noirâtre marque très nettement la séparation des fibres.

On peut facilement compter sur la coupe transversale le nombre de fibres constituant les filaments de dimensions diverses ; le diamètre de ceux-ci étant variable, on ne peut donner qu'un exemple particulier : dans un faisceau de $25\ \mu$ de diamètre, on a pu compter 35 fibres.

Action des réactifs colorants sur les filaments bruts.

1° Sur les filaments à plat :

a) *Réactifs de la cellulose.* — L'acide sulfurique et l'iode, le chlorure de calcium iodé, l'acide iodhydrique iodé (MANGIN), le chlorure de zinc iodé, ne colorent pas en bleu les filaments de tourbe ; on remarque seulement que la couleur brune s'accroît, sans doute par suite de la fixation d'iode.

b) *Réactifs de la lignine.* — Ces réactifs donnent des colorations très nettes ; le sulfate d'aniline accentue notablement la coloration de la fibre qui devient jaune d'or ; la phloroglucine et l'acide chlorhydrique donnent une coloration rouge intense ; les couleurs dérivées de la houille, en particulier le vert d'iode, s'y combinent aisément ; la fuchsine ammoniacale produit une coloration rouge ; l'iode est absorbé de ses solutions dans l'iodure de potassium et se fixe sur la fibre qui devient brun foncé ; le permanganate de potasse est réduit et l'oxyde de manganèse se fixe sur la fibre en donnant une coloration brune.

c) *Réactifs des matières pectiques.* — Les réactifs communs à la lignine et aux matières pectiques (brun Bismark, vert majachite, vert d'iode, bleu de méthylène, bleu de naphtylène R. safranine T., rouge de Magdala, etc...) colorent d'une façon intense les filaments de tourbe.

L'oxychlorure de ruthénium (1), inerte vis-à-vis de la cellulose, de la callose, des substances lignifiées, donne une belle coloration rouge.

Les filaments de tourbe prennent également les colorants, salins des matières pectiques ; trempés pendant quelques ins-

(1) L. MANGIN. — Sur l'emploi du rouge de ruthénium en anatomie végétale (*C. R. Ac. Sc.*, 1893, t. CXVI).

tants dans une solution étendue de perchlorure de fer, puis lavés avec soin à l'eau distillée et à l'eau additionnée de 2 % d'acide acétique, traités enfin par une solution de ferrocyanure de potassium, les filaments se colorent en bleu.

2° Sur la coupe transversale.

Les réactifs iodés de la cellulose ne donnent pas de coloration bleue sur les coupes transversales des filaments.

Les réactifs colorants de la lignine et des substances pectiques énoncés plus haut colorent la section transversale dans toute son étendue; l'intensité de la coloration est généralement uniforme; cependant on remarque que la coloration par le rouge de ruthénium croît en intensité, du lumen à la périphérie.

Action des dissolvants de la cellulose pure et de la cellulose lignifiée.

En traitant pendant plusieurs jours un poids déterminé de filaments de tourbe séchée à l'étuve à 100°, par un grand excès de liqueur de Schweitzer, on constate, après filtration sur un tampon d'amiante, lavage à l'eau ammoniacale et dessiccation à 100°, que le poids des fibres n'a diminué que dans une faible proportion.

Si l'on examine au microscope ces filaments, on observe cependant que quelques-uns d'entre eux présentent une série d'étranglements. Si l'on acidule par l'acide chlorhydrique la liqueur de Schweitzer qui a servi au traitement précédent, on constate seulement la mise en liberté de quelques flocons brun foncé qui ne donnent pas les réactions de la cellulose, et qui, après lavage à l'eau sont entièrement solubles dans l'ammoniaque. Ils résultent vraisemblablement de l'action de l'ammoniaque sur les filaments, plutôt que de celle du dissolvant classique de la cellulose. En traitant d'ailleurs les filaments d'ouate de tourbe par de l'ammoniaque, puis acidulant la liqueur, on obtient également des flocons bruns analogues.

La solution aqueuse chaude de chlorure de zinc à 40 % et la solution froide de 1 partie de chlorure de zinc dans 2 parties

d'acide chlorhydrique, qui dissolvent la cellulose pure (1) et la cellulose lignifiée ne dissolvent qu'une partie de la substance des filaments ; aucun d'eux n'est dissocié ni ne disparaît dans le dissolvant, qui ne semble, dans ce cas, avoir d'action que sur les produits de décomposition de la cellulose que comportent les filaments de tourbe.

Examen des fibres.

Dissociation. — Une coupe transversale nous a montré que les filaments de tourbe fibreuse sont des agglomérats de fibres intimement accolées. Par voie mécanique, on les dissocie difficilement ; une trituration au mortier les brise, et l'examen au microscope du produit obtenu ne montre que des tronçons de fibres.

Pratiquement, pour séparer les fibres, il faut avoir recours à des moyens chimiques.

Les alcalis ne donnent pas de bons résultats ; à froid, il n'y a pas de dissociation ; il faut une ébullition de 3 heures avec de la soude à 5 %, ou avec une solution de carbonate de soude à 10 % pour obtenir un produit partiellement dissocié, qu'on puisse diviser en fibres simples sur une lame, à l'aide d'une aiguille à dissection.

Les oxydants agissent beaucoup plus énergiquement ; Une dissociation complète est obtenue en peu de temps et à froid par macération dans les hypochlorites alcalins, dans l'acide azotique, dans la macération de Schultze. (Acide azotique faible $D = 1,10$ saturé de ClO^3K), dans une solution de permanganate de potasse à 2 % suivie d'un traitement au bisulfite de soude ou à l'acide chlorhydrique étendu. Le réactif qui nous a donné les meilleurs résultats, c'est l'acide chromique en solution acide dans les proportions suivantes :

Acide chromique.....	10 gr.
Acide sulfurique à 1/5 en volume....	50 cmc.
Eau distillée, Q. S. pour.....	200 cmc.

(1) CROSS et BEVAN. — La cellulose. Traduction Lévy et Thomas, 1900, p. 17.

Au bain-marie à 100°, on obtient une dissociation totale en 2 ou 3 minutes ; à froid, on arrive au même résultat en moins d'une demi-heure.

Description de la fibre simple. — Les fibres présentent un diamètre sensiblement égal sur la plus grande partie de leur longueur ; il est compris entre les limites de 3 à 13 μ suivant les fibres (de 6 à 8 μ en général), les extrémités s'amincissent graduellement et régulièrement en pointes effilées. Elles possèdent sur toute leur longueur une cavité dont le diamètre est variable suivant les fibres ; tantôt très petit, il atteint parfois la moitié du diamètre de la fibre. Généralement lisses, les parois présentent parfois de petites ponctuations oblongues (en grain d'avoine).

Les bords de cette cavité sont le plus souvent réguliers ; parfois cependant de petites excavations empiètent sur les parois. Les fibres ont une longueur assez variable, comprise entre 350 à 1500 μ (1). Nous avons décrit plus haut l'aspect de leur section transversale.

Constitution. — Les éléments qu'on rencontre dans les tourbières « consistent en débris végétaux plus ou moins altérés, mais encore visiblement organisés, que réunit une substance humique ou ulmique (2) ».

Malgré ces altérations, nous avons vu plus haut que les filaments des tourbières donnent, avec les réactifs microchimiques, les réactions des substances lignifiées et des matières pectiques.

On a une idée plus précise de leur constitution en traitant par les réactifs colorants ces filaments après les avoir soumis à l'action progressive des oxydants, puis des alcalis, de la façon suivante :

On traite pendant 1/4 d'heure les filaments d'ouate de tourbe par un excès de solution de permanganate de potasse à 2 %, puis par une solution de bisulfite de soude, et on termine par un lavage à l'eau acidulée, puis à l'eau distillée. Les filaments sont sensiblement décolorés et partiellement dissociés.

(1) Dans notre article du *Bull. des Sc. Pharm.*, une erreur s'est glissée où les dimensions données pour les fibres sont beaucoup trop faibles.

(2) DE LAPPARENT. — *Loc. cit.*, p. 343.

Ils sont colorés par tous les réactifs de la lignine, par ceux des matières pectiques, mais non par ceux de la cellulose pure. Si on répète un certain nombre de fois les traitements au permanganate de potasse, la phloroglucine et le sulfate d'aniline n'ont plus aucune action ; au contraire le vert d'iode, la fuchsine ammoniacale continuent à réagir ; l'oxychlorure de ruthénium colore encore les filaments en rouge, mais le chloriodure de zinc ne les colore pas en bleu.

En prolongeant l'oxydation par le permanganate de potasse, on n'a plus de coloration par la fuchsine ammoniacale quand le vert d'iode en donne encore, probablement parce que les matières pectiques n'ont pas disparu ; le rouge de ruthénium colore en effet le produit.

La marche de l'oxydation de la fibre de tourbe est entièrement comparable à celle des fibres lignifiées (1).

Si, lorsqu'on est arrivé à ce point, on cherche à enlever les composés pectiques, on peut encore obtenir les réactions de la cellulose. Pour cela, on traite les filaments par l'alcool chlorhydrique au 1/4 pendant 24 heures ; puis on fait agir un alcali étendu ou une solution d'oxalate d'ammoniaque (2) ; les réactions des matières pectiques sont alors beaucoup moins intenses ; la plupart des fibres isolées ne sont plus colorées par le rouge de ruthénium ; si l'on fait agir le chlorioduré de zinc, les fibres prennent une magnifique coloration bleue ; elles sont d'ailleurs solubles dans la liqueur de Schweitzer, dans la solution aqueuse de chlorure de zinc à 40 %, dans la solution chlorhydrique de chlorure de zinc.

Plantes qui ont concouru à la formation de la tourbe fibreuse. — Les filaments de notre échantillon d'ouate de tourbe sont donc des faisceaux de courtes fibres donnant les réactions de la lignine et celles des composés pectiques. Ce sont là les caractères microchimiques des fibres des monocotylédones (3).

(1) L. GAUCHER. — La membrane cellulaire chez les végétaux (*Thèse d'agrégation, Ec. Pharm.*, Paris 1904).

(2) L. GAUCHER. — *Loc. cit.*, p. 150 et p. 160.

(3) CROSS et BEVAN. — *Loc. cit.*, p. 433.

Chaque petite touffe fibreuse présente généralement les divers éléments décrits : épidermes, parenchymes, vaisseaux, fibres, avec une disposition respective analogue à celle qui existe dans les monocotylédones herbacées ; chacune représenterait donc un seul individu. D'autre part, l'uniformité des dimensions de ces touffes, la présence constante des mêmes éléments, à formes, dimensions et réactions identiques, indiqueraient qu'elles proviennent d'une espèce végétale unique ou d'espèces voisines.

Nous nous sommes proposés de déterminer quelles sont ces espèces végétales.

Il est bien certain que seules les tourbes fibreuses proprement dites dont nous avons parlé en dernier lieu dans la classification peuvent fournir des filaments utilisables comme objets de pansement et comme matière textile.

Or les auteurs estiment que l'*Eriophorum vaginatum* contribue en grande partie avec les *sphagnum* à leur formation.

GÜRKE (1) a pu constater que cette plante fournit les fibres utilisées par l'usine GEIGE, en Allemagne.

Le Dr KARL LINSBAUER (2) rencontre dans des tourbières, près d'Admont exploitées par MM. ZSCHÖNER et C^{ie} des plantes assez bien conservées pour qu'il puisse affirmer qu'elles appartiennent à l'espèce *Eriophorum vaginatum*.

Le même auteur fait l'étude histologique de cette cypéracée, et dans la description ci-dessous nous reproduisons la plupart de ses remarques.

L'*Eriophorum vaginatum* (jonc à coton, linaigrette à larges gaines, est une belle plante des tourbières émergées des hautes montagnes, des plaines du nord et du nord-ouest de l'Europe, du Caucase, de la Sibérie, de l'Amérique boréale (3), et qu'on rencontre aux environs de Paris (4).

(1) A. FÖRSTER et M. GÜRKE. — *Zeitschrift für die Gesamte Textilindustrie*, 1898-1899, Nos 9 à 11.

(2) Dr KARL LINSBAUER. — *Mikroskopisch-technische Untersuchungen über Torffaser und deren Produkte*. — *Dinglers Polytechnisches Journal*, 1900, Band. 315, p. 437-442.

(3) D'après l'abbé COSTE.

(4) GRENIER et CODRON. — *Flore de France*, p. 363.

Cette plante fournit des touffes vigoureuses et compactes, de 30 à 50 centim. de hauteur. Les tiges dressées, grêles, *obscurément trigones* sont garnies de feuilles caulinaires petites, peu nombreuses, enveloppantes, étroitement appliquées contre la tige et formant une série de gaines emboîtées les unes dans les autres. Au pied se dressent des feuilles radicales très nombreuses, raides, dressées, triquètres, rudes au bord, plus courtes que la tige. Les fleurs sont réunies en un capitule solitaire terminal *ovoïde*, dressé ; les écailles florales sont lancéolées, acuminées, vertes, insensiblement décolorées et blanchâtres sur le dos ; les fleurs à périanthe très réduit sont pourvues de 3 ou 6 étamines à anthères basifixes et introrsées ; le gynécée est formé de 3 carpelles ; l'ovaire uniloculaire est surmonté de 3 styles ; l'ovule est unique, anatrope, ascendant, à tégument double, les fruits sont des achaines bruns, oblongs, obovés, subtriquètres, arrondis et obscurément mucronés au sommet, ayant une face plane et les deux autres un peu convexes et séparées par une côte saillante ; ils se terminent par des filaments blancs, dont l'ensemble forme une laine abondante, *soyeuse, non crépue*.

Ces touffes cotonneuses en font une des plus jolies plantes de notre flore ; et au cours de sa description un souffle de poésie semble animer J.-E. SOWERBY (1), l'auteur d'une flore d'Angleterre :

« Les pentes où elles sont abondantes semblent couvertes de neige ; leurs glands lustrés, blancs comme l'hermine, se balancent au sommet de leurs hampes, essaims gracieux ondulant à la surface de la pelouse. Elles semblent avoir été évoquées dans une des poésies attribuées au barde Ossian :

« Her bosom was whiter than the down of Casca. »

« Pendant plusieurs semaines, au début de l'été, elles égayent les marais du Nord, habituellement sombres et désolés ; et, aux rayons inclinés du soleil couchant, on les croirait recouverts d'un manteau de satin. »

L'épiderme des feuilles est caractérisé par un polymorphisme

(1) JOHN-EDWARD SOWERBY. — *English botany*, 3^e édition, Vol. 10, Landau 1870, p. 72.

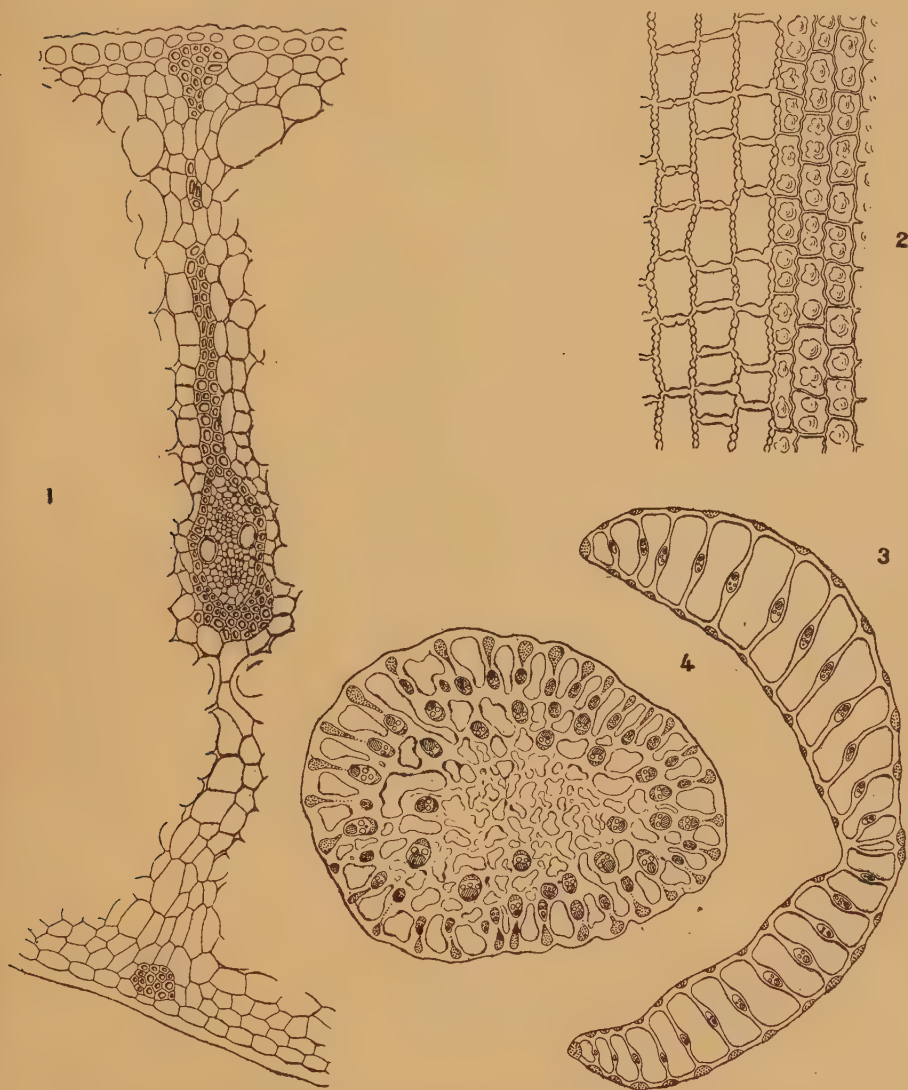


PLANCHE II. — **Structure anatomique de l'*Eriophorum vaginatum* L.** — 1. Structure du limbe de la feuille $G = 200$ D. env. — 2. Epiderme $G = 200$ D. env. — 3, 4. Schéma de la structure anatomique de la feuille $G = 15$ D et de la tige $G = 25$ D. d'*Eriophorum vaginatum* L.

(Le pointillé indique la présence des fibres).



marqué de ses éléments. Les cellules épidermiques de la face inférieure présentent au plus haut degré les caractères des épidermes des cypéracées et des graminées ; elles sont généralement rectangulaires (fig. 4, pl. I, et fig. 2, pl. II) avec des membranes régulièrement et faiblement ondulées. Le rapport de leur longueur à leur largeur varie dans de larges limites (de 10×1 à 2×1) ; elles présentent généralement une valeur intermédiaire ; la dernière proportion se rencontre dans les cellules situées sur les faisceaux fibreux ; on constate d'ailleurs sur une coupe transversale que ces dernières cellules sont plus aplaties et à parois plus minces que les éléments voisins.

Les cellules épidermiques de la face supérieure sont plus hautes et plus grandes que les précédentes. Vues de face, elles sont généralement rectangulaires et leur membrane n'est pas plissée (fig. 7 et 8, pl. I).

Le parenchyme est formé de grandes cellules hexagonales (fig. 1, pl. II) et présente de grandes lacunes lysigènes (fig. 3, pl. II).

Les faisceaux fibreux de soutien ont deux localisations : les uns accompagnent les faisceaux vasculaires ; les autres sont disposés aux angles des feuilles, et de place en place sous l'épiderme en face des faisceaux libéro-ligneux (fig. 1, 3 et 4, pl. II). Les faisceaux fibreux de la face supérieure sont généralement plus gros et se composent parfois d'une centaine de fibres. En général, les cellules fibreuses des faisceaux sous-épidermiques sont plus grandes et pourvues d'un plus large lumen dans la région qui touche au parenchyme ; leurs dimensions diminuent à mesure qu'elles se rapprochent de l'épiderme. Les dimensions des fibres sont comprises entre les limites que nous avons indiquées au sujet de la tourbe fibreuse.

La constitution chimique des cellules épidermiques et des cellules fibreuses n'est pas la même dans toute la feuille. Dans la région médiane, elles sont nettement lignifiées ; l'intensité de la lignification diminue à mesure qu'on s'éloigne du milieu ; et, à la marge de la partie lamellaire, la phloroglucine chlorhydrique ne colore plus ces éléments.

Les éléments de l'*Eriophorum vaginatum* sont semblables à ceux que nous avons rencontrés dans notre échantillon de tourbe fibreuse.

Le Dr KARL LINSBAUER (*loc. cit.*) décrit une ouate de tourbe qu'il attribue au même *Eriophorum vaginatum* ; ses caractères et réactions ne sont pas différents de ceux que nous avons indiqués.

Nous avons recherché si d'autres monocotylédones des tourbières pouvaient contribuer à la formation de la tourbe fibreuse. Nous avons examiné diverses **Cypéracées** : *Eriophorum elatifolium*, *E. angustifolium*, *Schœnus nigricans*, *Heleocharis palustris*, *Scirpus lacustris*, *Scirpus sylvatica*, *Carex glauca*, *C. flava*, *C. paludosa* ; — des **Graminées** : *Nardus stricta*, *Deschampsia flexuosa*, *Molinia cœrulea*, *Anthoxanthum rubra*, *Festuca rubra*, *Agrostis alba*, *Agrostis vulgaris*, *Elymus arenarius*, *Glyceria aquatica* ; — parmi les **Joncacées**, le *Juncus effusus*.

Chez les individus adultes, les fibres ont des dimensions comprises entre les mêmes limites ; elles présentent toujours les mêmes réactions. Les épidermes, les parenchymes, les vaisseaux appartiennent invariablement à l'un des types précédemment décrits.

Nous donnons dans les planches III et IV des schéma de la structure anatomique des tiges et feuilles de diverses monocotylédones aquatiques, afin de montrer les localisations des fibres qui nous intéressent ; ces localisations sont les mêmes que dans l'*Eriophorum vaginatum*.

Les recherches précédentes nous permettent donc seulement de dire que les fibres de l'échantillon de tourbe que nous avons examiné proviennent de monocotylédones herbacées.

L'étude d'une tourbe fibreuse du Jura et de tourbes hollandaises qui nous ont été procurées par divers industriels, ne nous a pas conduit à une conclusion plus précise.

On pourrait penser à rechercher parmi les plantes de la surface les individus qui ont fourni la couche fibreuse. Mais la végétation a presque toujours changé (1) ; ce qui le prouve, c'est la constitution presque toujours différente de la tourbe supérieure ; ainsi, dans l'échantillon que nous avons étudié, on

(1) Dr KARL LINSBAUER — *Loc. cit.*, p. 437 « Da die Pflanzeneinschlüsse in verschiedenen Tiefen der Moore häufig wechseln, ist es ohne weiteres nicht zulässig die Pflanzen, von denen sie stammen, unter dem Komponenten der recenten Pflanzendecke zu suchen. »

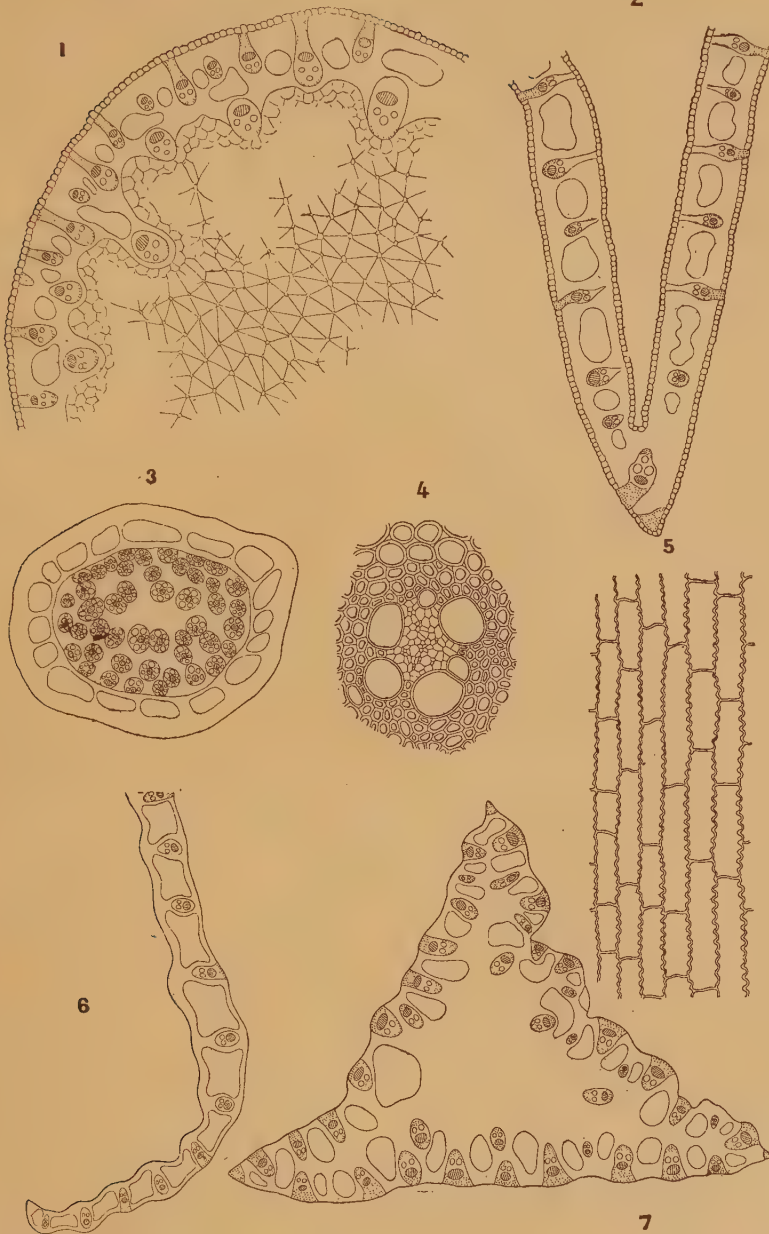


PLANCHE III. — **Structure anatomique de Cypéracées, Joncacées, etc. aquatiques.** — 1. Structure du *Juncus effusus* L. G = 45 D. env. — 2. Feuille du *Scirpus sylvaticus*. L. G = 45 D. env. — 3. Tige du *Triglochin palustre* L. G = 25 D. — 4. Faisceau concentrique avec fibres de soutien du *Triglochin palustre* G = 150 D. — 5. Epiderme du *Carex paludosa* Good G = 150 D. — 6, 7. Feuille et tige du *Carex paludosa* G = 20 D.

(Le pointillé indique la présence des fibres).

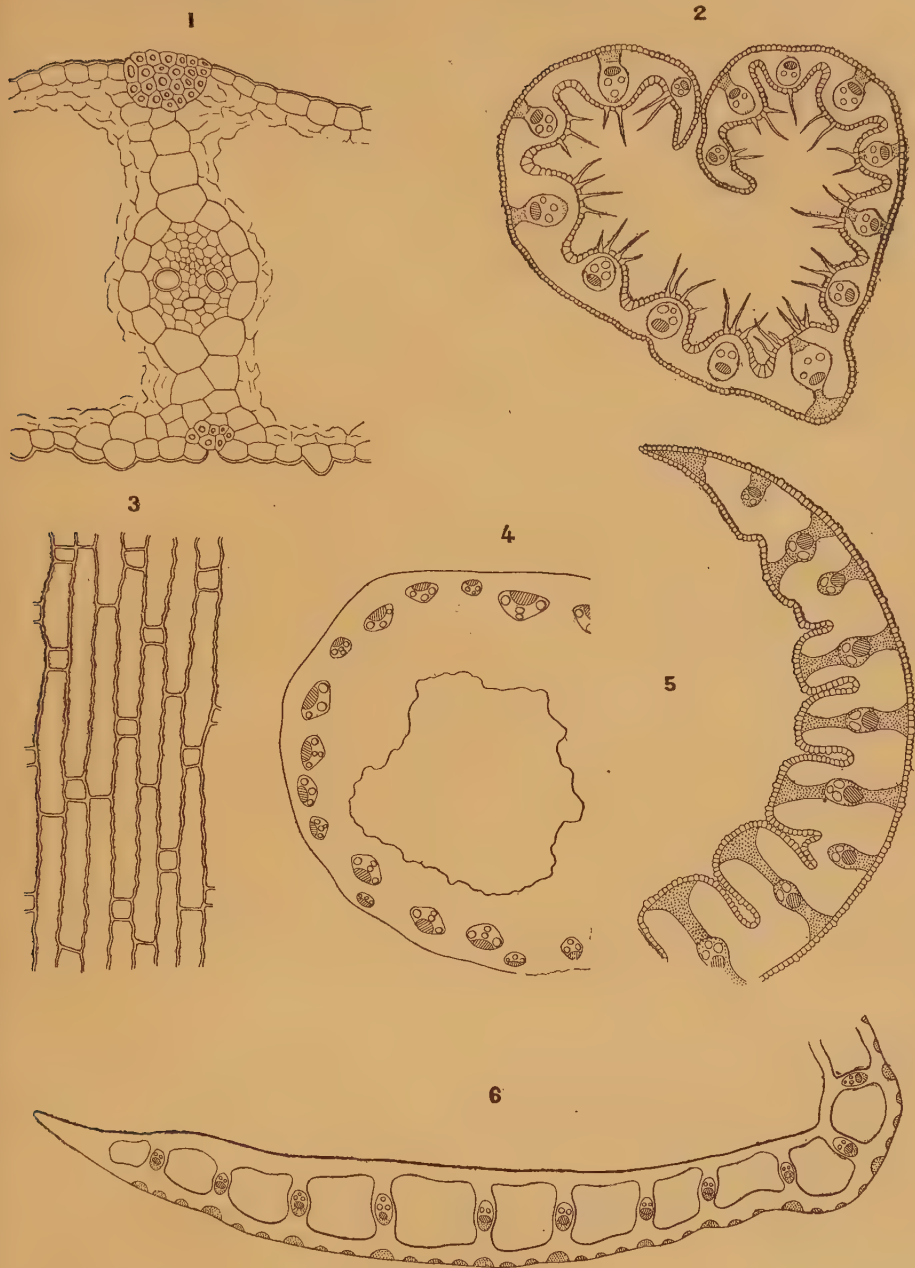


PLANCHE IV. — **Structure anatomique de Graminées aquatiques.** — 1. Feuille de *Glyceria aquatica* Wahlenb. avec paquets de fibres sous-épidermiques $G = 200$ D. — 2. Schéma de la structure anatomique de la feuille du *Molinia caerulea* Moench. $G = 45$ D. — 3. Epiderme du *Glyceria aquatica* $G = 200$ D. — 4. Structure anatomique de la tige du *Molinia caerulea* $G = 45$ D. — 5. Structure de la feuille d'*Elymus arenarius* L. $G = 45$ D. — 6. Structure de la feuille de *Glyceria aquatica* $G = 25$ D.

rencontre, au-dessus de la couche fibreuse, presque uniquement des débris de sphaignes.

D'autre part, les travaux de systématique, faits pour déterminer les monocotylédones fibreuses d'après la structure anatomique de leurs éléments (1), doivent être appliqués avec une grande circonspection (2).

Aussi notre conclusion sera-t-elle la suivante : — Nous admettons avec les auteurs cités que fréquemment l'*Eriophorum vaginatum* a fourni les éléments fibreux de la tourbe spéciale que nous étudions ; mais les cypéracées, graminées et autres monocotylédones herbacées qui cohabitent avec l'*Eriophorum* les tourbières émergées ont pu contribuer à sa formation.

Au sein de la tourbière, les éléments cellulosiques sont les premiers détruits. Les cellules épidermiques et les fibres non lignifiées des ailes membraneuses et de la partie supérieure des feuilles, les cellules des divers parenchymes sont modifiées profondément, noircissent, se désagrègent et disparaissent. Au contraire, les épidermes et les faisceaux fibreux lignifiés de la partie basale et médiane conservent leur cohérence et prennent la couleur brune de la tourbe. Ces faisceaux sont d'abord maintenus par l'épiderme ; mais sous le poids des couches supérieures, cet épiderme finit par se déchirer, et finalement les faisceaux fibreux sont généralement isolés, et la plante prend l'aspect des pinceaux effilochés précédemment décrits.

Principaux gisements. — Les principaux gisements sont en Hollande et dans l'Allemagne du Nord ; mais on en rencontre aussi en Irlande, en Russie, en Pologne, en Hongrie et en France aux environs de Lure et de Luxeuil-Lantenot.

(1) RIKLI (M.). — Beiträge zur Vergl. Anat. der Cyperaceen, *Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. 27.

(2) Dr KARL LINSBAUER dit dans le *Dinglers Polyt. Journal* Bd. 315, p. 438: « Es muss hingewiesen werden dass der Bestimmungsschlüssel den Rikli für die Wollgräser auf Grund ihres anatomischen Baues aufsellt, mit Vorsicht zu gebrauchen ist.

PALLA. — Zur Systematik der Gattung *Eriophorum* (*Botanisch, Zeitung*, 1896., Jahrg. 54. Abt. 1. S. 147). Montre que les remarques de RIKLI sur *Er. alpinum* et *Er. gracile* sont fausses.

CHAPITRE IV.

Extraction de la tourbe fibreuse et préparation de l'ouate de tourbe.

L'extraction de la tourbe fibreuse se fait pendant la belle saison, dans les mois de mai à septembre.

La couche supérieure de végétaux, de bouzin et de tourbe non fibreuse est enlevée à la pelle ; le lit fibreux est alors attaqué par les divers procédés de piquage (1).

L'outil généralement employé est un *petit louchet*, sorte de bêche à manche court, dont le fer, long de 10 cm. 1/2, large de 11 cm. 3/4 environ est pourvu de deux ailes à bords aiguisés, sensiblement à angle droit avec la face principale. L'ouvrier *pique* obliquement son outil, à quelques centimètres de la marge de la couche fibreuse, et, par une secousse brusque, il détache du fond le morceau séparé sur les quatre faces verticales.

Parfois les ouvriers travaillent à deux ; l'un découpe verticalement le prisme de tourbe ; un autre, avec une pelle plate, le détache horizontalement à sa base.

Diverses machines font en grand et rapidement cette dernière opération. Ce sont généralement d'immenses louchets, de 3 à 6 mètres de large par exemple (2), de 70 cm. de haut, avec des ailes latérales de 60 cm. environ. Cet appareil actionné au moyen d'un volant fait la section verticale ; la section horizontale est obtenue au moyen d'une lame située dans une tranchée, au niveau inférieur de la couche en exploitation, et actionnée

(1) Voir Théodor KOLLER. — Die Torfindustrie. Wien-Hartleben.

(2) **Torfstechmaschine** de W.-A. BROSOWSKY à Jasenitz-Stettin.

par un système de courroies et de tambours; au moyen de cette même lame, le morceau de tourbe découpé est soulevé et mis de côté. Ces machines sont généralement mises en mouvement par des bras humains.

Les briquettes de tourbe ainsi extraites sont séchées en plein air ou sous des hangars à l'abri de la pluie. Généralement spongieuses et légères après cette dessiccation, elles deviennent parfois dures et compactes, et on ne peut les désagréger facilement qu'après une exposition à la gelée durant un hiver.

Ces masses sèches et friables sont concassées avec des battoirs en bois, et des ouvriers, généralement des femmes, séparent à la main les mèches fibreuses.

Bien que généralement la séparation des fibres destinées à la préparation de l'ouate de tourbe se fasse à la main (1), on travaille dans certaine localités de l'Allemagne les tourbes fibreuses au moyen de machines (2). Les briquettes sont désagrégées et déchiquetées au moyen de *loups* (3), ou de moulins (4); les fibres facilement séparées des substances terreuses sont privées de leur humidité dans un courant d'air chaud et sec (5), parfois ces fibres sont préalablement lavées dans des appareils spéciaux (6).

Les mèches fibreuses sèches ainsi obtenues sont introduites dans des tamis semi-circulaires où se meuvent des battoirs qui séparent les matières terreuses adhérentes. Elles sont ensuite effilochées dans une « coupeuse », sorte de carde constituée par un tambour garni de dents d'acier serrées, et soumis à un mouvement de rotation rapide; des cylindres d'approvisionnement et une toile sans fin transportent la matière première. On arrive ainsi à un produit qui pourrait déjà être filé. Mais on peut obtenir des filaments présentant la finesse de ceux de la laine

(1) Renseignement donné par la Société Française des tourbières pasteurisantes.

(2) Th. KOLLER. — *Loc. cit.*

(3) **Torfstreu-Zerkleinerungsmaschine** de PAUL REUSS à Arten (Saxe). **Zerreißwölfe** des ateliers de Lüneberg.

(4) Th. KOLLER. — *Loc. cit.*

(5) — — p. 87, fig. 23.

(6) **Spülmaschine für Torffasern** de L. KLEINE à Linden (Hanovre), d'après Th. KOLLER, *L. c.*, fig. 18.

et du coton, au moyen de machines analogues aux précédentes, mais dont le tambour est garni de dents recourbées. Les fibres sont ensuite triées de la façon suivante : elles sont attirées par un aspirateur à air et entraînées dans une longue chambre pourvue d'une cloison horizontale ; les filaments se déposent à des distances différentes suivant leur ténuité, les parties les plus fines étant entraînées le plus loin (1). On obtient ainsi différentes qualités désignées par exemple par les dénominations 0-00-duvet-ouate, par la Société Française des tourbières pasteurisantes.

(1) Brevet BÉRAUD pris à Bucklersburg, Londres (d'après Th. KOLLER. *L. c.*, p 179).

CHAPITRE V.

Propriétés et réactions de l'ouate de tourbe.

1. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES.

Toutes les propriétés dont nous allons parler se rapportent à un type moyen vendu par la Société Française des tourbières pasteurisantes sous la dénomination « Ouate de tourbe n° O. ». Les propriétés générales des autres numéros sont les mêmes.

Aspect. — Cette ouate de tourbe est constituée par des filaments enchevêtrés de couleur jaune-brun, de longueur variable, pouvant atteindre 7 ou 8 cm., mais ayant en moyenne 2 à 4 cm.

Ces filaments séchés à l'étuve à 100° sont rudes au toucher, résistent peu à la traction, se brisent facilement par trituration. Après un séjour dans une atmosphère humide, ils deviennent rapidement plus souples et sont alors difficilement pulvérisés; ils conservent cependant toujours un toucher rugueux.

On trouve mélangés à ces filaments des rubans plus larges, plus ou moins épais, des filaments de teinte jaune pâle, qui ne semblent pas avoir subi l'action du tourbage et qu'on désigne sous le nom de *pailles*, et de petites masses brunes irrégulières. Ces impuretés qu'on trouve d'une façon constante dans l'ouate grossière sont très rares dans les variétés plus fines.

Les caractères extérieurs microscopiques et les réactions microchimiques ont été longuement décrits; les débris d'épiderme,

de parenchymes et les vaisseaux constituent les impuretés signalées.

Odeur. — Cette ouate dégage une faible odeur, agréable, aromatique, qui s'exalte sous l'action de la chaleur sèche ou humide, et qui est absolument caractéristique.

Elasticité. — Cette propriété est relatée dans toutes les communications faites par les médecins qui préconisent l'ouate de tourbe comme objet de pansement. Soumise en effet à des pressions assez considérables, l'ouate de tourbe ne se feutre pas. Lorsqu'on cesse la compression, elle reprend facilement son volume initial. Le coton, les laines fines, les filasses de chanvre et de lin, lui sont sensiblement inférieures sous ce rapport.

Hygroscopicité. — L'ouate de tourbe retient en assez forte proportion l'humidité atmosphérique, et on ne peut lui faire perdre la totalité de cette humidité que par l'action prolongée d'une haute température.

3 gr. 600 d'ouate de tourbe ont été introduits dans une capsule tarée et placés dans une étuve à 110°; au bout de deux heures, le poids avait diminué de 0 gr. 370; dans les conditions d'humidité atmosphérique où nous avons opéré, la proportion d'eau fixée sur les filaments d'ouate de tourbe est donc de $\frac{0,370 \times 100}{3,6} = 10,3 \%$. Après un séjour de 48 heures à l'étuve, le poids de l'échantillon n'avait plus varié.

Absorption des liquides. — L'ouate de tourbe déposée à la surface d'un liquide, surnage, et si on l'abandonne à elle-même, elle reste un temps assez long sans s'imbiber; mais si on la malaxe au sein du liquide elle s'imprègne et le liquide est retenu dans une forte proportion.

Divers auteurs donnent des chiffres indiquant le pouvoir absorbant de la tourbe pour l'eau; mais ils semblent avoir opéré avec une tourbe fibreuse brute, et non avec les filaments débarrassés des autres éléments et des produits de décomposition de végétaux.

Pour le baron de WAGNER (1) :

100 gr. de « paille de tourbe » séchée à l'air retiennent 716 gr. d'eau.
100 — — — au four — 741 —

Pour le D^r BLEISCHER (1) :

100 gr. de « tourbe fibreuse » retiennent 890 gr. d'eau.

Pour le professeur D^r H. SCHULTZE (1) :

100 gr. de « paille de tourbe » retiennent 584 gr. d'eau.

M. H. SAGNIER (2) a comparé le pouvoir absorbant de la paille de la sciure et de la « tourbe-litière ».

100 kilog.	de paille	retiennent	400	litres d'eau.
100	— de sciure	—	480 à 500	—
100	— de tourbe-litière	—	780	—

Nous avons déterminé le pouvoir absorbant de notre échantillon-type d'ouate de tourbe en employant la technique suivante :

Un échantillon d'ouate de tourbe était pesé avant et après un séjour à l'étuve à 110° pendant 2 heures ; la différence des pesées permettait de déterminer l'humidité de l'échantillon ; soit 10 % la proportion trouvée d'eau hygroscopique. Le tube d'un entonnoir d'un litre est garni de coton de verre qu'on lave, sur l'entonnoir avec le jet d'une pissette ; on a soin de ne rien faire qui puisse provoquer l'écoulement de l'eau retenue par capillarité. Vingt grammes d'ouate de tourbe humide, représentant 18 gr. d'ouate de tourbe sèche, sont disposés sur l'entonnoir. La tare p du tout est notée. L'entonnoir est rempli avec de l'eau distillée, la douille étant obstruée au moyen d'un bouchon ; la masse fibreuse surnage ; on la malaxe pour favoriser son imbibition et la faire descendre au-dessous de la surface libre du liquide. On abandonne le tout pendant une demi-heure. Le bouchon est alors retiré, l'eau s'écoule ; quand les gouttes de liquide deviennent rares (3 ou 4 par minute, par exemple), le

(1) D'après Camille BLEISCHER. — De la sophistication des tissus et lainages de tourbe et de pin. Thèse de Lyon, 1899, p. 18.

(2) H. SAGNIER. — *Journal de l'Agriculture*, 1886.

poids P de l'entonnoir est de nouveau déterminé. La différence P-p est le poids de l'eau retenue par 18 gr. d'ouate de tourbe sèche, et le pouvoir absorbant se rapportant à 100 gr. de cette substance sèche est :

$$x = \frac{(P-p) \times 100}{18}$$

Dans nos déterminations, nous avons trouvé des résultats assez différents. Cela tient vraisemblablement à ce que les petites fibres sont gorgées d'air qu'elles n'abandonnent pas dans la même proportion suivant les conditions dans lesquelles on opère. Le malaxage sous l'eau favorise l'imbibition. Il semble que l'absorption est maxima avec la technique suivante : Après un contact d'une vingtaine de minutes, on fait écouler l'eau ; l'ouate est abandonnée quelques instants, puis immergée dans de nouvelle eau.

Nous pensons que le pouvoir absorbant rapporté à 100 gr. d'ouate de tourbe sèche est compris entre 450 et 550.

SOYKA (1) prétend que, si l'on sèche la tourbe à de hautes températures, elle perd momentanément son pouvoir d'imbibition, et que ce n'est qu'après quelques jours d'exposition à une atmosphère humide qu'elle reprend la propriété d'absorber abondamment les liquides. Nous avons pu constater pour l'ouate de tourbe une petite diminution du pouvoir absorbant après un séjour de deux heures à l'étuve à 120°. En opérant exactement dans les mêmes conditions, et en donnant aux opérations le même terme, nous avons constaté que, après un contact de 20 minutes avec l'eau, les pouvoirs absorbants étaient :

Pour l'ouate de tourbe non étuvée....	550 0/0
— — — — — étuvée.....	460 —

Mais si l'immersion est rétablie et maintenue 12 heures, l'ouate de tourbe étuvée reprend le pouvoir absorbant de 550 0/0, le même que celui de l'ouate non étuvée.

MIELK et LIESRINCK (2) recommandent d'éviter de stériliser

(1) SOYKA. — *Prager med. Wochenschrift*, 1886.

(2) MIELK et LIESRINCK. — *Wratsch*. 1884.

« la tourbe » par un jet de vapeur ou par un trop long échauffement, à cause des modifications chimiques nuisibles et d'une diminution de la capacité d'absorption que déterminerait une semblable opération.

Or nous avons constaté qu'après un séjour de trois quarts d'heure à l'autoclave à 120-125°, le pouvoir absorbant de l'ouate de tourbe avait diminué sensiblement ; on avait :

Pour l'ouate de tourbe non autoclavée.	550 0/0
— — — autoclavée	415 —

et il fallait à cette dernière un contact de plusieurs jours avec l'eau pour reprendre son pouvoir absorbant initial.

Le Dr REDON (1) explique de la façon suivante le pouvoir absorbant de l'ouate de tourbe : « Les fibres longues et uniformes agglomérées par groupes à la faveur d'un tissu tabulaire très lâche, sont creusées d'un canal régulier rempli d'air et rendu très évident par l'immersion dans un liquide coloré ; chacune de ces fibres remplit le rôle d'un tube capillaire ; de plus, comme elles sont toujours entourées de vaisseaux nombreux et perméables, il s'ensuit que chaque petit groupe de fibres a pour ainsi dire un triple pouvoir d'absorption par capillarité : 1° par le canal intrafibrillaire, 2° par les vaisseaux, 3° par les espaces uniformes rectilignes interfibrillaires ».

Si ces observations peuvent se rapporter à la tourbe fibreuse grossière, elles ne sont pas entièrement applicables à l'ouate de tourbe purifiée dont nous nous occupons. Ici, en effet, il n'y a que des fibres ; les vaisseaux, les « tissus tabulaires » ne sont que de rares accidents et leurs propriétés ne peuvent être mises en avant.

Quant aux canaux interfibrillaires « uniformes, rectilignes », leur existence semble douteuse à cause de la difficulté que présente la dissociation mécanique des filaments. On ne peut donc parler que des canaux intrafibrillaires ; ceux-ci ne peuvent se gorger de liquide qu'après imprégnation et pénétration des membranes. Cette particularité expliquerait la légèreté de l'ouate

(1) H. REDON. — De la tourbe considérée comme agent de pansement, 1886. Victor Rozier.

de tourbe qui surnage à la surface des liquides, ainsi que la lenteur relative avec laquelle elle les absorbe.

Le phénomène de capillarité s'exerce cependant avec intensité dans la masse de l'ouate de tourbe. L'expérience suivante semble le prouver.

Dans deux cristallisoirs de 12 cm. d'ouverture, on introduit 200 cme. d'eau : on dispose à la surface du liquide dans un des cristallisoirs une plaque de 8 gr. de coton hydrophile, dans l'autre une plaque de 8 gr. d'ouate de tourbe préalablement humectée et essorée. Les deux cristallisoirs sont déposés dans la même pièce et placés dans les mêmes conditions de température, d'hygrométrie et d'aération. On les pèse tous deux à des intervalles variant de 12 à 24 heures environ : on obtient les nombres suivants :

Cristallisoir garni de coton	Cristallisoir garni d'ouate de tourbe
—	—
375	375
373	369
370	364
364	356
361	352

Au contact de l'ouate de tourbe, 23 gr. d'eau se sont évaporés, alors qu'au contact du coton 14 gr. seulement ont disparu. Ce fait s'expliquerait par l'élasticité plus grande des filaments de l'ouate de tourbe, qui ne se feutre pas, et par la texture de sa masse, qui favoriserait l'action de la capillarité : sous l'action de cette force, le liquide se divise à la surface des filaments et les points de contact avec l'atmosphère sont multipliés.

Pouvoir absorbant pour les gaz. — Comme toutes les filasses végétales, et en général comme tous les corps présentant une certaine porosité, l'ouate de tourbe absorbe les gaz, qui s'accumulent dans ses pores.

Si, dans une longue éprouvette renversée sur du mercure, on fait arriver des corps gazeux, CO_2 , HCl , SO_2 , H_2S , et qu'on

introduise de l'ouate de tourbe sèche contenue dans un cornet de papier, le niveau du mercure monte. Mais le phénomène ne semble pas présenter plus d'intensité qu'avec d'autres fibres, du coton, du chanvre, par exemple.

Il est cependant un gaz à l'égard duquel l'ouate de tourbe se comporte d'une façon spéciale ; c'est le gaz ammoniac, qui est absorbé dans d'énormes proportions. Des réactions chimiques interviennent vraisemblablement. Nous y reviendrons plus loin.

Action des dissolvants neutres. — L'ouate de tourbe donne à l'eau distillée une légère teinte jaunée et une faible réaction acide. L'alcool prend également à son contact une faible coloration jaune. L'éther, la benzine, le chloroforme, le xylol n'ont pas d'action dissolvante sensible.

2. — PROPRIÉTÉS CHIMIQUES.

L'analyse chimique des tourbes donne des résultats variables avec la provenance et le degré de transformation des végétaux qui l'ont produite.

Nous avons vu que la proportion de carbone est plus considérable dans la tourbe que dans les hydrates de carbone qui lui ont donné naissance, par suite d'une perte notable en oxygène et hydrogène éprouvée au cours des phénomènes du tourbage. Elle renferme, d'autre part, une notable proportion d'azote. Un dosage effectué sur un échantillon d'ouate de tourbe nous a donné 0,73 % d'azote.

Ces fibres comportaient en moyenne :

Humidité.....	10	pour 100
Cendres.....	2	—
Matières organiques.....	88	—

L'examen microchimique a montré que l'ouate de tourbe est une fibre cellulosique lignifiée, pectosique, comportant des produits d'altération bruns désignés sous le nom de matières humiques. Dans l'histoire chimique de l'ouate de tourbe, on

devra donc envisager les propriétés respectives des matières humiques, d'une part, et, d'autre part, celles de la substance végétale non altérée.

Réactions de la cellulose. — 1° Lorsqu'on a détruit les matières brunes et la lignine par les oxydants et enlevé les substances pectiques par les alcalis ou l'oxalate de potasse, les fibres de tourbe donnent les réactions de la cellulose ; après avoir été soumises à l'action de l'acide sulfurique ou du chlorure de zinc sirupeux, elles donnent avec l'iode une coloration bleue.

2° L'existence des matières humiques dans les fibres de tourbe pourrait être considérée comme une réaction de la cellulose.

3° L'hydrolyse de l'ouate de tourbe donne, comme celle des fibres végétales cellulosiques, des matières réductrices. 2 grammes d'ouate de tourbe sont introduits dans une fiole d'Erlenmayer avec 75 cc. d'acide sulfurique à 2 % en volume ; le tout est placé dans un autoclave maintenu à 120°-125° pendant une heure ; le liquide est filtré et neutralisé par la soude. On constate qu'il réduit la liqueur cupropotassique ; sa teneur en matière réductrice, évaluée en glucose, est d'environ 0 gr. 30 pour 100 ; vraisemblablement, elle est constituée par un mélange complexe de matières sucrées ; le pouvoir rotatoire $\alpha_D + 0.6^\circ$ ne correspond pas, en effet, à une proportion de 0 gr. 30 de glucose pour 100. Nous n'avons pu obtenir la glucosazone, ni une réaction nette de l'arabinose.

Cependant l'hydrolyse de certaines tourbes donne une proportion notable de glucose qu'on a fait fermenter pour fabriquer de l'alcool (1).

Ces matières sucrées proviennent uniquement de l'hydrolyse de la fibre végétale, qui a résisté au phénomène du tourbage. On obtient en effet la même proportion de matières réductrices en traitant, comme il vient d'être dit, les fibres débarrassées des substances brunes par les alcalis. On constate, d'autre

(1) VON FEILITZEN et TOLLENS. — Tourbe. Sa valeur comme matière première de fabrication de l'alcool. — *Bulletin de la Société chimique allemande*, t. XXX, 1897, p. 2571-2577.

part, que ces substances brunes ne donnent pas de sucres réducteurs par l'hydrolyse.

Réactions des matières humiques.— Nous avons résumé plus haut l'état de nos connaissances sur les produits humiques artificiels, sur ceux du sol et sur ceux de la tourbe, et montré combien leur étude est délicate et leur histoire incomplète.

Les matières humiques de l'ouate de tourbe se différencient des autres par leur solubilité notable dans l'eau, par leur réaction acide et leur solubilité dans les alcalis. Cependant, une portion, l'« humus indifférent », serait insoluble dans les alcalis.

On obtient de la matière humique en traitant l'ouate de tourbe par l'eau bouillante ou par l'alcool et en évaporant les liqueurs.

Mais, par l'action des alcalis caustiques, la plus grande partie des matières humiques est séparée des fibres. — Les filaments sont soumis à des digestions successives à 50° environ, dans les lessives de soude à 10 % environ, tant que ces liqueurs sont sensiblement colorées ; elles sont toutes réunies ; un dosage alcalimétrique sur 50 cc. permet d'évaluer la quantité d'acide chlorhydrique nécessaire à la neutralisation de la totalité des liqueurs. — L'addition de cet acide met en liberté un précipité brun qu'on laisse déposer. La liqueur surnageante est décantée, le précipité lavé à plusieurs reprises à l'eau tiède, puis recueilli sur des filtres. Les lavages sont continués sur le filtre jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule ne donne plus la réaction de l'acide chlorhydrique libre par le réactif phloroglucine-vanilline de Günzbourg. Le précipité est alors étendu en minces couches sur des plaques de verre et séché à l'étuve à 60°.

Malgré des traitements prolongés pendant plusieurs jours par les alcalis, les fibres conservent indéfiniment une coloration jaune. On n'enlève donc pas, en suivant la technique précédente, la totalité des matières humiques de l'ouate de tourbe.

Ce qui reste, c'est peut-être une substance analogue aux parcelles « jaune de miel » qui restent insolubles dans le traitement de la tourbe par les alcalis et que les Allemands désignent sous le nom d'« humus indifférent ».

D'autre part, on peut remarquer le fait suivant : Après un

long épuisement par les alcalis, on lave l'ouate de tourbe jusqu'à ce que la liqueur qui s'écoule soit incolore et ne présente plus de réaction alcaline ; on l'abandonne à l'air pendant 24 heures. Un lavage à l'eau donne ensuite une liqueur très fortement colorée. — Il semblerait que, dans le traitement par les alcalis, il se soit formé un sel alcalin de l'acide humique analogue aux humates insolubles signalés par MM. BERTHELOT et ANDRÉ (1) et qu'une oxydation à l'air l'ait ensuite transformé en produit soluble.

En tous cas, ce que nous désignerons et étudierons dans la suite sous le nom de produits humiques de la tourbe, c'est la substance dissoute par des traitements prolongés par la lessive de soude étendue et précipitée de ces liqueurs par l'acide chlorhydrique.

Pour déterminer approximativement la proportion qu'en renferment nos échantillons d'ouate de tourbe, nous avons adopté le dispositif et la technique qui suivent :

Un tube de 4 cm. de hauteur et de 1 cm. 1/2 de diamètre, terminé à sa partie inférieure par un tube étroit muni d'un robinet, est placé à l'étuve à 100° ; sa tare p est déterminée. Il est ensuite garni d'ouate de tourbe modérément tassée. Le tout est placé deux heures à l'étuve à 100°. On prend ensuite la tare P . Le poids de l'ouate de tourbe sèche introduite est de :

$$P - p.$$

Le tube est disposé sur un flacon de Kitasato et, le robinet étant fermé, on verse de la lessive de soude à 10 %. Après un contact de deux heures, on ouvre le robinet et on favorise l'écoulement du liquide en faisant fonctionner la trompe à vide.

Cette opération est répétée trois fois par jour pendant huit jours. Au bout de ce temps les liqueurs alcalines passent presque incolores. On lave longuement à l'eau distillée jusqu'à ce que les eaux de lavages ne rougissent plus la phtaléine. Le tube est alors séché à l'étuve à 100°, et son poids π est déterminé. Le poids des matières humiques contenues dans $P-p$ d'ouate de

(1) BERTHELOT et ANDRÉ. — Recherches sur les substances humiques. *C. R. Ac. Sc.*, 1891, t. I., p. 916 et suiv.

tourbe est P- π , et la proportion pour cent de matière humique est de

$$\frac{(P-\pi) \times 100}{P-p}$$

Nous avons trouvé une proportion de matière humique de 40 % en moyenne.

Séchée comme nous l'avons indiqué plus haut, elle se présente sous la forme de paillettes brunes brillantes, de consistance cornée. Par trituration au mortier, elle donne une poudre mate, jaune brun foncé. Elle a une saveur acidule et une odeur légèrement aromatique.

Elle est sensiblement soluble dans l'eau, qu'elle colore en jaune brun. SPRENGEL donne pour « l'acide humique de la tourbe » les solubilités suivantes : 1 p. 6500 dans l'eau froide, 1 p. 2500 dans l'eau à 15°, 1 p. 160 dans l'eau bouillante. Elle semble soluble dans l'alcool dans des proportions voisines ; sa solubilité est presque nulle dans l'éther, le chloroforme, la benzine, le xylol, et d'autres dissolvants neutres.

Les propriétés chimiques de la matière humique de l'ouate de tourbe sont celles que nous avons indiquées au chapitre général de la tourbe.

Elle contient une proportion d'azote de 1,3 %.

Elle possède une réaction acide : sa solution aqueuse rougit le tournesol.

Elle se combine facilement avec les alcalis, potasse, soude ammoniacale, en donnant des produits entièrement solubles dans l'eau.

Les essais d'hydrolyse, même au moyen de l'acide sulfurique à 5 % à la température de 120-125°, ne donnent pas de substance réduisant la liqueur de Fehling ou agissant sur la lumière polarisée.

La matière humique de l'ouate de tourbe est nettement réductrice ; elle est facilement détruite sous l'action des réactifs, oxydants. L'acide azotique est réduit ; il y a un dégagement de vapeurs nitreuses immédiatement à chaud, et après un contact de quelques heures à froid. Le permanganate de potasse est ramené à l'état de bioxyde de manganèse ; une solution d'acide chromique prend la teinte verte des sels de chrome ; cependant

une ébullition avec la liqueur de Fehling ne donne pas d'oxydure de cuivre.

L'oxygène pur exerce une action sur la matière humique. — Celle-ci est disposée dans la partie horizontale d'un tube recourbé quatre fois à angle droit, et plongeant dans un bain d'huile. On fait passer lentement à sa surface un courant d'oxygène. A froid, il se produit au bout de 24 heures une légère oxydation : il se forme de l'acide carbonique qui trouble l'eau de baryte d'un barboteur placé à la suite de l'appareil.

A 50°, l'oxydation et la formation d'acide carbonique sont plus appréciables.

A 100-110°, l'oxydation est très active; l'expérience portait sur 1 gr. 827 de matière ; après 24 heures d'oxydation, elle avait perdu 0 gr. 185 de son poids, soit 10 % environ. On constate en même temps une décoloration du produit, qui devient gris clair.

En faisant passer dans les mêmes conditions à froid un courant d'air sur la matière humique sèche, on ne constate qu'au bout d'un temps prolongé la formation d'acide carbonique.

La distillation en présence d'eau ne donne aucun produit aldéhydique rougissant la fuchsine décolorée par l'acide sulfureux. Les réactions des phénols ne donnent que des résultats négatifs.

En résumé, les matières humiques de la tourbe sont des produits de composition variable, intermédiaires entre le charbon et les hydrates de carbone dont ils dérivent, plus riches que ceux-ci en carbone, moins riches en hydrogène et en oxygène ; elles contiennent une forte proportion d'azote ; elles possèdent une réaction acide et des propriétés réductrices.

Les auteurs signalent différentes propriétés de la tourbe : elle fixe l'ammoniaque libre ou combinée ; elle favorise l'action des microbes nitrifiants ; elle agirait « à la façon du charbon finement divisé » ; la tourbe posséderait un pouvoir antiseptique, antriputride, désodorisant.

Nous nous sommes proposé d'exposer ces propriétés, et de rechercher dans quelle mesure l'ouate de tourbe les possède.

3. — FIXATION DE L'AMMONIAQUE.

Les éleveurs qui emploient la tourbe fibreuse comme litière ont remarqué sa propriété de fixer les produits ammoniacaux provenant de la fermentation des déjections animales.

NEUBER (1) dit que la tourbe « possède un grand pouvoir d'absorption pour l'ammoniaque ».

A. MONARI (2) détermine le pouvoir absorbant de la tourbe pour le gaz ammoniac ; il constate que 100 gr. de tourbe absorbent 16 litres 721 ou 12 gr. 725 d'ammoniaque, et que ce gaz est « retenu si fortement qu'on en retire à peine une petite quantité par la pompe à mercure ». La tourbe extraite du tube où l'auteur a établi le contact « exhale une odeur ammoniacale très légère et non irritante ».

La réaction acide de l'ouate de tourbe permettait de penser qu'elle se combine au gaz ammoniac. Pour le mettre en évidence nous avons fait les expériences suivantes :

a). — Une éprouvette de 50 cm. de long et de 2 cm. de diamètre, contenant du mercure est renversée sur une cuve à mercure ; un espace de 5 cm. environ reste garni d'air à la partie supérieure. On fait arriver du gaz ammoniac de façon que les niveaux du mercure dans le tube et sur la cuve soient sensiblement sur le même plan. 1 gr. 50 d'ouate de tourbe sèche, contenus dans un cornet de papier sont introduits dans le tube ; le niveau du mercure monte et arrive rapidement à sa situation initiale ; l'index gazeux d'air atmosphérique laissé à la partie supérieure du tube permet de le constater.

Si, au bout de quelques minutes, on retourne le tube, on ne perçoit pas la moindre odeur ammoniacale. — De l'eau additionnée d'un indicateur coloré ne vire pas au contact de la substance. C'est seulement en chauffant avec un alcali qu'on peut faire dégager de l'ammoniaque. Il semble donc qu'il y a eu combinaison.

(1) NEUBER. — *Archiv. für klinische Chirurgie*, t, XXVII, p. 777.

(2) A. MONARI. — Recherches sur les tourbes. *Archiv. Ital. de Biologie*, t. XIII, 1890, p. 54-58.

b). — Le pouvoir absorbant de l'ouate de tourbe pour l'ammoniaque présente une grande intensité. Si l'on renouvelle, en effet, l'expérience précédente en faisant arriver après chaque absorption de nouvelles quantités d'ammoniaque jusqu'à refus, on constate que l'ouate de tourbe absorbe un volume considérable de ce gaz.

D'autres fibres végétales, du coton, des filasses de chanvre, de lin, introduites de la même façon dans une atmosphère d'ammoniaque absorbent également ce gaz, mais en proportion beaucoup moindre, et quelle que soit la durée du contact, le produit conserve une réaction alcaline et l'odeur de l'ammoniaque.

c). — A priori il est vraisemblable que cette absorption est due aux propriétés acides de la matière humique. Cette substance absorbe en effet une forte proportion d'ammoniaque, tandis que l'ouate de tourbe privée de matière humique ne se comporte pas autrement que la filasse de chanvre par exemple.

A côté de l'action physique exercée par la porosité de la substance filamenteuse, il y a donc l'action chimique de la matière humique acide.

Pour plus de précision, nous avons dosé la proportion d'azote contenue dans de l'ouate de tourbe, dans de la matière humique, et dans des fibres privées de matière humique. Ces trois substances ont été ensuite placées dans une atmosphère d'ammoniaque. La proportion d'azote que contenait chacune d'elles après cette opération était déterminée.

Pour les dosages d'azote, la matière organique a été détruite par le procédé Kjeldahl, et l'ammoniaque produite distillée au moyen de l'appareil d'Aubin et Alla.

La proportion d'azote contenue dans les produits d'où nous partions était :

Pour l'ouate de tourbe.....	0,73 %
— sans matière humique.	0,53 —
Pour la matière humique.....	1,3 —

Quelques grammes de chacun de ces produits étaient ensuite placés pendant 24 heures sous une cloche à vide en présence d'un cristalliseur d'ammoniaque liquide. Pour enlever l'excès

de gaz libre interposé, l'ammoniaque du cristalliseur était remplacée par de l'acide sulfurique, et on rétablissait le vide. Au bout de deux heures, on renouvelait les dosages d'azote, et on obtenait les résultats suivants :

Pour l'ouate de tourbe.....	2 gr. 45	0/0 d'Az
— sans matière humique.	0 55	—
Pour la matière humique.....	4 27	—

Le tableau suivant indique le poids d'azote fixé par 100 gr. de chacune des substances mises en réaction, ainsi que le poids et le volume de l'ammoniac correspondants.

	Azote	AzH ³ (en poids)	AzH ³ (en volume)
	—	—	—
Ouate de tourbe.....	1 gr. 72	2 gr. 088	2.743 cmc.
Ouate de tourbe privée de la majeure partie de sa matière humique.....	0 02	0 024	32 —
Matière humique.....	2 97	3 606	4.738 —

Ces essais montrent que c'est la matière humique de l'ouate de tourbe qui fixe l'ammoniaque.

Il se forme vraisemblablement un sel ammoniacal.

On constate en effet un dégagement de chaleur intense pendant la saturation, si l'on prend le dispositif suivant. — La matière humique est disposée dans un tube horizontal, et on fait passer à sa surface un courant de gaz ammoniac ; en opérant sur quelques grammes seulement de matière, le dégagement de chaleur est tel qu'au début on ne peut tenir le tube avec la main.

D'autre part, on constate qu'après un traitement par le gaz ammoniac la quantité d'azote ammoniacal mis en liberté par la magnésie est sensiblement égale à l'augmentation du taux d'azote de la matière, comme l'indiquent les dosages suivants :

Matière humique	Azote total 0/0	Azote ammoniacal 0/0
—	—	—
Avant traitement par le gaz ammoniac.	1,3	0
Après — — —	4,27	3,06

Mais ce sel est instable : un courant d'hydrogène passant à sa surface entraîne pendant plusieurs jours du gaz ammoniac qu'on caractérise facilement à la sortie.

A l'air il perd également une notable proportion de son azote; après une exposition d'une dizaine de jours à l'air libre, on n'en retrouve plus que 2,75 pour 100. Ce composé semblerait plus stable, et des dosages faits à plusieurs jours d'intervalle, après exposition continue à l'air, donnent la même proportion d'azote.

4. — ACTION SUR LES SELS AMMONIACAUX ET LES COMPOSÉS ORGANIQUES AZOTÉS.

Divers auteurs prétendent que la tourbe « fixe » l'ammoniaque des sels ammoniacaux.

D'après NEUBER (1), la tourbe possède un grand pouvoir absorbant pour le carbonate d'ammoniaque.

Le Dr SOYKA (2) dit que la tourbe retient l'ammoniaque de ses combinaisons avec les acides minéraux, d'une solution de chlorhydrate d'ammoniaque, par exemple. Dans un entonnoir rempli de tourbe, il versait une solution de chlorhydrate d'ammoniaque à 0,1269 %, et la laissait en contact avec la tourbe pendant trois jours. Il épuisait ensuite jusqu'à disparition complète de traces d'ammoniaque. Le liquide retiré était ramené au volume initial. Il ne contenait plus que 0,107 d'ammoniaque pour 100.

Or l'humate d'ammoniaque est très soluble. Si la proportion d'ammoniaque a diminué dans la liqueur, c'est que ce produit a été transformé en combinaisons azotées différentes, ou en azote libre. On ne serait donc pas en présence d'une fixation, mais d'une décomposition de la molécule ammoniacale.

D'autre part, MM. A. MÜNTZ et E. LAINÉ, dans une série de communications à l'Académie des Sciences, ont montré que la tourbe favorise d'une façon remarquable l'oxydation des sels ammoniacaux et des composés organiques azotés sous l'action des ferments nitrifiants.

(1) NEUBER. — *Loc. cit.*, p. 777.

(2) Dr SOYKA. — Experimentale Untersuchungen über die verwendbarkeit des Torfes zu Zwecken der Absorption und Desinfection. — *Prager med. Wochenschrift*, 1886.

Ils firent une première série d'expériences sur l'acide humique du sol et posèrent les conclusions suivantes (1) :

« 1^o Sous la forme d'humus, la matière organique, quelle que soit son abondance, n'entrave pas la nitrification ; elle lui est plutôt favorable ».

« 2^o Cette abondance n'est cependant pas une condition indispensable, puisque les terres pauvres peuvent être graduellement amenées à une nitrification intense. »

« 3^o La matière humique paraît agir favorablement sur la multiplication des organismes, et, d'une manière générale, une terre est d'autant plus chargée d'organismes actifs, et plus apte à entrer en nitrification rapide qu'elle contient plus d'humus. »

Plus tard (2), ils cherchent si la tourbe constitue un support favorable à l'activité des microbes nitrifiants.

Différentes tourbes ont été utilisées, entre autres une tourbe mousseuse de Hollande employée comme litière. Une installation de 1 mc. de tourbe sur laquelle on versait une solution de sel ammoniac formait en 24 heures

6 kg. 550 de nitrates,

alors qu'en opérant d'une façon identique sur du noir animal en grains, on n'obtient que

0 kg. 800 de nitrates par jour.

« Toutes les tourbes se sont montrées très actives ; celles qui sont légères et spongieuses, de décomposition moins avancée, offrent cependant une certaine supériorité, probablement parce qu'elles permettent une plus active circulation de l'air, que le déplacement du liquide s'y fait d'une façon plus méthodique, et que les zooglées trouvent à se fixer sur la surface énorme que présentent les filaments. Les organismes restent attachés à ce support de tourbe et fonctionnent indéfi-

(1) A. MÜNTZ et E. LAINÉ. — *C. R. Ac. Sc.*, 1906. — Rôle de la matière organique dans la nitrification, p. 430-435.

(2) A. MÜNTZ et E. LAINÉ. — L'utilisation des tourbières pour la production intensive des nitrates. *C. R. Ac. Sc.*, 1906, p. 1239-1244.

niment si l'on continue à les alimenter. Le liquide nitrifié sort limpide à la partie inférieure sans entraîner le ferment.»

La tourbe formant pour les organismes nitrifiants un support incomparablement supérieur à ceux qu'on avait mis en œuvre, MM. A. MÜNTZ et E. LAÏNÉ (1) ont cherché à appliquer cette aptitude spéciale de la tourbe à l'épuration des eaux d'égout.

Voici des chiffres qui indiquent les modifications subies par l'azote ammoniacal et organique d'une eau d'égout à la suite d'un passage sur la tourbe.

Le volume d'eau qui a passé sur 1 mètre carré de tourbe en 2 heures est de 1.250 litres.

	Avant	Après
Azote ammoniacal.....	34 milligr. 3 par litre	1 milligr. 5 par litre
Azote organique....	5 — 5 —	1 — 3 —
Azote nitrique.....	0 — —	12 — 1 —
Oxydabilité (en MnO^*K acide) ...	74 — —	17 — 8 —
Oxydabilité (en MnO^*K alcalin)...	47 — —	13 — 5 —

« Pendant ce rapide passage sur un lit de tourbe constituant un champ bactérien d'une grande énergie oxydante, l'ammoniaque a disparu presque en totalité et l'azote organique a diminué de près des 4/5.

« L'absence de nitrites, constatée d'une manière constante, dénote la marche régulière de l'oxydation et montre qu'à aucun moment un processus de réduction n'est intervenu.

« En augmentant l'épaisseur de la couche de tourbe, on peut arriver à la disparition totale de l'ammoniaque

« Les liquides évacués, vus en grande masse, présentent une légère teinte ambrée qui provient de la dissolution d'une trace de la matière humique de la tourbe. On sait que cette matière humique est à peu près inaltérable et que, par suite, sa présence n'a aucun inconvénient.

« Il est à remarquer que l'azote ammoniacal disparu ne se retrouve qu'en partie à l'état de nitrate. Plus de la moitié de cet azote échappe à la nitrification et se dégage à l'état gazeux,

(1) A. MÜNTZ et E. LAÏNÉ. — L'épuration des eaux d'égout. *C. R. Ac. Sc.*, 1907, p. 466 à 470.

ce qui fait croire qu'il faut compter non seulement avec l'intervention des bactéries nitrifiantes, mais aussi avec celles d'organismes produisant une combustion simple se bornant à la formation d'acide carbonique, d'eau et d'azote libre.»

M. H. POTTEVIN (1) indique un dispositif pour l'épuration des eaux d'égout au moyen de la tourbe et fait des constatations analogues aux précédentes sur la disparition de l'azote ammoniacal et de l'azote organique ainsi que sur leur transformation partielle en azote gazeux libre.

Dans une récente communication, MM. A. MÜNTZ et E. LAÏNÉ (2) confirment leurs conclusions par les résultats de nouveaux dosages.

De cette expérimentation, il ressort que :

1° Toutes les sortes de tourbe favorisent l'oxydation de l'azote ammoniacal et de l'azote organique par les bactéries nitrifiantes.

2° On constate, à côté de la fermentation nitrique, la production d'azote libre ; les auteurs l'attribuent à l'intervention d'organismes produisant « une combustion simple » des composés ammoniacaux et des composés organiques azotés « se bornant à la formation d'acide carbonique, d'azote et d'eau. »

3° Les auteurs attribuent ces transformations uniquement à l'action des microorganismes divers qui trouvent dans la tourbe un substratum de choix favorisant leur évolution. La matière humique n'interviendrait pas dans le phénomène.

Bien que, pour MM. A. MÜNTZ et E. LAÏNÉ, les microorganismes soient les seuls facteurs de cette oxydation des produits ammoniacaux et des produits organiques azotés, nous ferons remarquer l'intensité de cette réaction.

Nous citerons également ce passage des mêmes auteurs : « Une solution d'humate d'ammoniaque produit dans le même temps plus d'azote nitrifié qu'une solution de sulfate d'ammoniaqueensemencée d'une manière identique » (3).

(1) H. POTTEVIN. — L'épuration des eaux d'égout par les filtres à la tourbe *C. R. Ac. Sc.*, 1907, p. 768-770.

(2) A. MÜNTZ et E. LAÏNÉ. — Sur l'utilisation de la tourbe pour l'épuration des eaux d'égout. *C. R. Ac. Sc.*, 13 janvier 1908, p. 53-58.

(3) A. MÜNTZ et E. LAÏNÉ. — *C. R. Ac. Sc.*, 1906. — *Loc. cit.*, p. 431.

Il semble donc que, par sa seule présence, la matière humique favorise l'oxydation.

Nous nous sommes proposé d'établir si l'ouate de tourbe et sa matière humique provoquent les mêmes réactions et si, à leur contact et même à l'abri des microorganismes, la molécule ammoniacale subit la fixation dont parlent NEUBER et SOYKA, ou bien une véritable décomposition, analogue à celles que constatent MM. A. MÜNTZ et E. LAÏNÉ.

Action sur les sels ammoniacaux. — *a)* Un tube de verre de 1 m. de hauteur et de 5 cm. de diamètre intérieur est rempli d'ouate de tourbe autoclavée et modérément tassée. Un tampon de coton hydrophile termine la colonne en haut et en bas. Le bouchon inférieur est traversé par un fort tube taillé en biseau, de façon à favoriser l'écoulement des liquides et la rentrée de l'air. Une ampoule à robinet et un tube coudé traversent le bouchon supérieur.

Une solution de chlorhydrate d'ammoniaque à 4,5 p. 1.000 environ, placée dans l'ampoule, est déversée sur l'ouate de tourbe ; on recueille le liquide qui s'écoule. Un dosage d'ammoniaque est fait sur ce liquide ainsi que sur la solution type.

On trouve :

	$\text{AzH}^3 \text{ } ^\circ/\text{o}$
1° Dans la solution qui n'a pas passé sur l'ouate de tourbe	0 gr. 1305
— a passé —	0 gr. 1214

La proportion d'ammoniaque a diminué de près de 7/100.

b). — Nous avons ensuite opéré aseptiquement.

2 gr. d'ouate de tourbe et 1 gr. de matière humique ont été introduits séparément dans deux fioles avec 30 cmc. d'une solution de chlorhydrate d'ammoniaque à 0,55 $\text{ } ^\circ/\text{o}$ environ. On soumet ces deux fioles ainsi qu'une fiole contenant de la solution de chlorhydrate d'ammoniaque témoin à une température de 115°-120° à l'autoclave pendant vingt minutes. On abandonne ensuite le tout pendant deux jours, puis on dose l'ammoniaque de chacun des liquides. On trouve :

Solution de chlorhydrate d'ammoniaque type...	183 milligr. 37 d'AzH ³ $\text{ } ^\circ/\text{o}$
Solution de chlorhydrate d'ammoniaque en présence de l'ouate de tourbe	174 milligr. 06 —
Solution de chlorhydrate d'ammoniaque en présence des matières humiques..	167 milligr. 84 —

La proportion d'ammoniaque a diminué de 5 % en présence de l'ouate de tourbe et de 8 % en présence de la matière humique.

Action sur l'urée. — MONARI dit (1) que « au contact de la tourbe, l'urine et les liquides chargés des déchets de l'organisme perdent de l'azote en proportion d'autant plus grande que la quantité de tourbe est plus considérable. Avec des solutions d'urée de titre connu, il fut démontré que 100 parties de tourbe absorbent 2 parties d'urée ».

a). — Sur une colonne d'un mètre d'ouate de tourbe autoclavée nous avons fait passer comme précédemment une solution d'urée à 4 gr. environ par litre. La liqueur renfermait :

Avant passage sur l'ouaté de tourbe.....	3 gr. 66 d'urée par litre
Après — — — — —	3 gr. 53 —

Au contact de l'ouate de tourbe, la proportion d'urée a donc diminué de 4 %.

b). — 2 gr. de tourbe et 1 gr. de matière humique sont introduits séparément dans deux fioles et placés à l'autoclave à 115°-120° pendant vingt minutes. Après refroidissement, on fait arriver dans chaque fiole 30 cmc. d'une solution d'urée à 1 gr. 25 pour 100 environ. Après un contact de trois jours, l'urée subsistante est dosée dans chaque essai au moyen de l'uréomètre à mercure d'Yvon ; on constate qu'une petite quantité d'urée a disparu.

Solution d'urée type.....	1 gr. 221 d'urée p. %
Solution d'urée mise en contact avec	
l'ouate de tourbe.....	1 168 —
Solution d'urée mise en contact avec	
la matière humique.....	1 156 —

Les sels ammoniacaux et l'urée sont donc décomposés au contact de l'ouate de tourbe, même en l'absence des micro-organismes. Cette propriété semble devoir être attribuée à la matière humique.

(1) A. MONARI. — *Loc. cit.*

Nature des produits de transformation. — MONARI (1) pense que l'urée est décomposée, au contact de la tourbe, en anhydride carbonique qui s'échappe et en ammoniacque qui reste absorbée ; « la décomposition a lieu par hydratation, ensuite la tourbe réacquiert la propriété d'absorber d'autre urée » :

Il ne nous semble pas absolument certain que l'urée soit transformée en ammoniacque. Le réactif de Nessler donne bien un précipité jaune dans la solution d'urée qui a été en contact avec la matière humique ; mais l'urée semble s'hydrater sous l'action de l'eau pure, et la solution type d'urée qui n'a pas été en contact avec la matière humique précipite dans les mêmes conditions par le réactif de Nessler.

En tous cas, la décomposition de l'urée ne s'arrête pas à l'ammoniacque. L'humate d'ammoniacque, qui est soluble, passerait dans la liqueur. Pour doser l'urée, nous avons mesuré dans l'uréomètre à mercure d'Yvon l'azote dégagé par la liqueur après action de l'hypobromite de soude ; or ce réactif attaque aussi bien les sels ammoniacaux que l'urée ; l'ammoniacque formée aurait donc subi elle-même une transformation.

Dans les solutions d'urée et de chlorhydrate d'ammoniacque qui ont été en contact avec la matière humique, nous avons recherché les combinaisons oxygénées de l'azote, l'acide azoteux et l'acide azotique. — Le réactif de Tromsdorf, les réactifs sulfate ferreux-acide sulfurique, acétophénique, sulfophénique, métaphénylène-diamine, etc..., donnèrent des réactions négatives. L'ammoniacque et l'urée n'ont donc pas été transformées en nitrite ni en nitrate.

Nous rapprocherons de ces résultats les deux remarques suivantes :

MONARI (2), afin de déterminer le pouvoir absorbant de la tourbe pour l'ammoniacque, fait arriver ce gaz dans un grand tube contenant de la tourbe jusqu'à ce qu'il ne soit plus absorbé. Il examine ensuite les gaz de refus et « observe, après avoir éliminé complètement l'ammoniacque et fait absorber l'oxygène par l'acide pyrogallique, *une proportion d'azote supérieure à celle du mélange aérien* ».

(1) A. MONARI. — *Loc. cit.*, p. 55.

(2) A. MONARI. — *Loc. cit.*, p. 55 et 56.

D'autre part, MM. A. MUNTZ et E. LAINÉ, M. H. POTTEVIN constatent au cours de la nitrification sur la tourbe, la mise en liberté d'azote libre ; mais ils attribuent ce phénomène à l'action de microorganismes inconnus, qui produiraient une « combustion simple des composés ammoniacaux avec formation d'acide carbonique, d'eau et d'azote libre ».

Il semblerait donc qu'on puisse émettre l'hypothèse que la matière humique de l'ouate de tourbe favorise l'oxydation des composés azotés avec mise en liberté d'azote libre.

Notre modeste installation ne nous a pas permis d'élucider complètement cette question délicate. D'ailleurs M. H. POTTEVIN (1) annonçait il y a deux ans qu'il étudiait « les conditions de cette production d'azote libre » au cours de l'épuration des eaux d'égout par la tourbe : nous aurons sans doute plus tard des explications satisfaisantes.

5. — RÉACTIONS OXYDANTES FAVORISÉES PAR L'OUATE DE TOURBE.

L'ouate de tourbe favorise l'action oxydante du ferment nitrifique.

Nous avons vu qu'à l'abri des microorganismes, elle semble provoquer une « combustion simple » des composés azotés avec mise en liberté d'azote libre.

Ce ne sont pas là les seules réactions oxydantes favorisées par la tourbe.

D'après MONARI (2), l'hydrogène sulfuré est non seulement absorbé, mais de plus il est rapidement décomposé et au moyen du sulfure de carbone on peut extraire du soufre.

Dans une communication à l'Académie des Sciences, M. H. POTTEVIN (3) annonce qu'il étudie le mécanisme de l'oxydation sur la tourbe des produits sulfurés assez abondants dans les eaux résiduaires.

De notre côté, nous citerons quelques réactions constatées par hasard au cours de nos travaux.

(1) H. POTTEVIN. — *Loc. cit.* p. 770.

(2) MONARI. — *Loc. cit.*, p. 56.

(3) H. POTTEVIN. — *Loc. cit.* p. 770.

a). Le permanganate de potasse et l'eau oxygénée mis en présence se détruisent réciproquement. On peut cependant se placer dans des conditions telles que la destruction des deux produits n'est pas immédiate. Si à 5 cmc. d'eau oxygénée additionnés de 1 cmc. d'acide sulfurique normal et soigneusement refroidis, on ajoute 5 cmc. de permanganate de potasse à 0,10 %, le permanganate n'est détruit qu'au bout de 5 minutes environ; l'addition d'une trace de matière humique dissoute provoque une réaction immédiate. Or nous ne sommes pas là en présence d'une action comparable à celle du charbon sur l'eau oxygénée; l'expérience suivante le montre nettement.

Dans six fioles d'Erlenmeyer contenant chacune 100 cmc. de la même eau oxygénée légèrement acide, on introduit une des substances suivantes: 2 gr. 5 de coton hydrophile, 2 gr. 5 d'ouate de tourbe privée de matière humique, 2 gr. 5 d'ouate de tourbe, 1 gr. de matière humique, 1 gr. de talc, 1 gr. de charbon animal. Après un contact de 12 heures, les liquides sont décantés, et le titre de chaque eau oxygénée est déterminé au moyen d'une solution de permanganate de potasse $\frac{N}{10}$. On enregistre les résultats suivants:

	Titre de l'eau oxygénée en volume
En présence de coton hydrophile	9,576
— ouate de tourbe sans matière humique	9,576
— ouate de tourbe	9,528
— matière humique	9,540
— talc.....	9,464
— charbon animal.....	0
L'eau oxygénée type titrait	9,652

Puisqu'il n'y a pas de destruction notable de l'eau oxygénée, la matière humique aurait eu, dans la réaction de l'eau oxygénée sur le permanganate de potasse, une action de présence amorçant la réaction.

b). 10 cmc. d'une solution d'iodure de potassium à 10 % exempte d'iodate sont mis en contact avec 5 centig de matière humique pendant 12 heures. Après filtration, quelques gouttes d'acide acétique mettent en liberté de l'iode. L'iodure de po-

tassium a vraisemblablement été oxydé et transformé en iodate.

c). L'alcool est oxydé par un contact avec l'ouate de tourbe. Trois verres contiennent chacun 60 cmc. d'alcool à 60°; l'un sert de témoin, un autre est additionné de 3 gr. d'ouate de tourbe et le dernier de 1 gr. 5 de matière humique. On abandonne le tout pendant 3 jours. On distille 40 cmc. de chacun des essais. L'alcool qui a été mis en contact avec l'ouate de tourbe et avec la matière humique rougit la fuchsine décolorée par l'anhydride sulfureux, tandis que l'alcool témoin ne donne pas les réactions des aldéhydes. En faisant passer de l'alcool sur la colonne d'un mètre d'ouate de tourbe, on obtient également un liquide qui, après distillation, donne la réaction des aldéhydes.

En présence de l'alcool à 90°, aucune action microbienne ne peut s'exercer. La matière humique de l'ouate de tourbe semble donc favoriser l'oxydation de l'alcool.

On est amené à se demander comment un corps réducteur tel que la matière humique peut provoquer des oxydations.

Nous laissons à des chercheurs plus autorisés le soin de fournir des explications plausibles (1).

(1) Nous rappellerons ici le rôle que BERTHELOT (*C. R.*, 1888. Sur la fixation de l'azote dans les oxydations lentes) attribue aux matières organiques oxydables dans l'oxydation de l'azote au contact du sol. Il se demande « si la fixation de l'azote par la terre n'aurait pas lieu au cours d'oxydations lentes de certains principes immédiats, spécialement à ceux qui donnent naissance à des oxydes intermédiaires à la fois oxydants et oxydables, qui fixent l'oxygène libre d'une manière transitoire pour le transmettre ensuite et d'une façon presque indéfinie à d'autres corps susceptibles d'une oxydation définitive. Tels sont l'éther ordinaire (*A. de Ph. et Ch.*, 3^e série, t. LXIII, p. 426-445, 1860), divers carbures aromatiques (*id.*, 5^e série, t. XII, p. 154, 1864), l'acide oléique, certains aldéhydes, tous corps capables d'oxyder l'indigo, de blanchir les matières colorantes. Un échantillon de vieil éther oxyde l'iodure de potassium; si l'on agite avec de l'eau, elle se charge d'eau oxygénée; il contient de l'acide azotique qu'on peut extraire par l'eau de chaux et caractériser par la diphenylamine. »

6. — COMPARAISON DES PROPRIÉTÉS DE L'OUATE DE TOURBE AVEC CELLES DU CHARBON.

Les matières humiques de la tourbe constituant un stade intermédiaire dans la transformation des hydrates de carbone en charbon, il est naturel de penser que, grâce à elles, l'ouate de tourbe peut posséder des propriétés analogues à celles des charbons. C'est là une idée assez répandue et le D^r Stockvis (1) dans son traité de Pharmacothérapie met en avant cette hypothèse :

« D'autres substances plus grossièrement divisées, « possédant un grand pouvoir d'absorption, comme la tourbe « et d'autres matières, rendent également des services signalés « dans la pratique hygiénique au lieu et place du charbon finement divisé ».

Le charbon absorbe les gaz, fixe les matières colorantes, retient l'iode de ses solutions dans l'iodure de potassium, fixe certaines substances comme les alcaloïdes, les diastases. Nous avons pu établir que l'ouate de tourbe possède dans une faible mesure ces propriétés. Pour avoir une idée de l'intensité de ces phénomènes et de la part qu'il faut attribuer à la matière humique, nous avons fait la plupart de nos essais comparativement avec :

- 1° Un charbon animal purifié ;
- 2° Du charbon de peuplier du Codex ;
- 3° De la matière humique de tourbe ;
- 4° De l'ouate de tourbe ;
- 5° Des fibres de tourbe privées par la soude de la majeure partie de leur matière humique ;
- 6° Du jute, fibre végétale lignifiée comme l'ouate de tourbe ;
- 7° Du talc, poudre inerte.

Absorption des gaz. — L'étude des propriétés physiques de l'ouate de tourbe nous a montré que, grâce à sa structure et à sa matière humique, l'ouate de tourbe absorbe les gaz. N'ayant

(1) D^r STOCKVIS. — Pharmacothérapie. Paris, 1896, Doin, p. 409.

pas déterminé la proportion des différents gaz absorbés, nous citerons les résultats trouvés par A. MONARI (1), à la suite d'une étude du pouvoir absorbant d'une tourbe. Cet auteur a trouvé que 100 gr. de cette substance ont absorbé :

	Volume	Poids
Ammoniac	161.721	12 gr. 725
Hydrogène sulfuré	1 205	1 835
Anhydride sulfureux....	3 014	8 65

L'absorption de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique est presque nulle. Il tire cette conclusion que nous donnons sous toutes réserves, car la seconde partie ne nous semble pas très bien établie :

« La tourbe a un pouvoir d'absorption très grand, spécialement pour les gaz qui se trouvent parmi les produits de la putréfaction et pour l'anhydride sulfureux ; beaucoup moins ou nul pour plusieurs autres. Ce pouvoir se montre dans le même rapport que le pouvoir absorbant du charbon et la solubilité des gaz dans l'eau, mais à un plus haut degré ».

Pouvoir décolorant. — M. BLEICHER (2) constate que l'ouate de tourbe possède un pouvoir décolorant assez prononcé, qu'il compare à celui du charbon. Ses expériences ne semblent ni précises, ni concluantes. Il estime par exemple qu'après un contact pendant 15 heures de 2 gr. de substance avec 20^{cc} d'une « solution de caramel à 2 0/0, la tourbe manifeste un pouvoir décolorant 14 fois moindre que celui du charbon ».

Nous nous sommes proposé de déterminer avec plus de précision l'intensité de ce pouvoir décolorant.

Ayant disposé 7 fioles, nous avons introduit séparément dans chacune d'elles 30^{cc} d'une solution de fuchsine à 0 gr. 20 0/100 et 1 gr. de l'une des 7 substances énoncées plus haut (charbon animal, charbon végétal, matière humique etc...),

Après un contact d'une heure pendant laquelle on agitait fréquemment, les liqueurs étaient décantées et comparées, au moyen du colorimètre de Dubosq, à la solution de fuchsine à

(1) A. MONARI. — *Loc. cit.* p. 55.

(2) D^r C. BLEICHER. — *Loc. cit.*, p. 33.

0,20 ‰. Pour obtenir des teintes comparables, nous avons dilué cette solution dans des proportions connues. Nous avons ensuite évalué la quantité de matière colorante restant dans les liqueurs et avons obtenu les résultats suivants :

	Teneur en fuchsine pour ‰
Dans la solution type.....	200 millig. »
En présence du charbon animal.....	0,516
— du charbon végétal.....	20 »
— de la matière humique....	1,15
— de l'ouate de tourbe.....	8 »
— des fibres de tourbe privées de matière humique....	24 »
— du jute.....	37,4
— du talc	14,4

Ce serait surtout par sa matière humique que l'ouate de tourbe agirait comme décolorant. Son pouvoir décolorant pour la fuchsine se rapprocherait de celui du charbon animal.

Fixation de l'iode. — Si l'on agite une solution étendue d'iode dans l'iodure de potassium avec de l'ouate de tourbe, la liqueur se décolore (1). Mais l'ouate de tourbe comporte des éléments lignifiés, et à ce titre elle doit absorber l'iode. Nous avons montré par l'expérience suivante que la matière humique intervient également.

7 tubes sont disposés, contenant chacun 0 gr. 50 d'une des substances énumérées plus haut.

Afin de comparer l'action de la fibre lignifiée à celle de la cellulose pure, un 8^e tube est disposé, contenant 0 gr. 50 de coton hydrophile. Dans chacun de ces tubes nous avons introduit 20^{cc} d'une solution contenant 3 gr. 78 d'iode par litre (préparée en portant à 1 litre 300^{cc} d'iode déci-normal). Après un contact d'une heure, au cours de laquelle les mélanges sont fréquemment agités, chacune des liqueurs est décantée. Sur

(1) A. MONARI (*Loc. cit.*, p. 54), remarque cette fixation et l'attribue aux « matières goudronneuses » que comporte la tourbe.

10^{cc} de chacune, l'iode restant est dosé au moyen d'une solution d'hyposulfite $\frac{N}{100}$. On obtient les résultats suivants :

	Nombre de milligrammes d'iode fixé par 0 gr. 50 de substance	Proportion % d'iode fixé dans chaque essai
En présence du charbon animal	70,43	93 %
— du charbon végétal	70,056	92 —
— de la matière humique . .	54,558	72 —
— de l'ouate de tourbe . . .	55,44	73 —
— des fibres de tourbe pri- vées de matière humique	54,054	71 —
— du jute	53,55	70 —
— du talc	33,808	51 —
— du coton hydrophile . . .	40,32	53 —

Ce tableau montre que l'ouate de tourbe fixe l'iode, à la fois par la lignine et par la matière humique qu'elle comporte. Ces deux principes fixent l'iode sensiblement dans les mêmes proportions; c'est ce qui explique que le nombre indiquant le pouvoir absorbant pour l'iode de l'ouate de tourbe est sensiblement le même pour la matière humique et les fibres privées de matière humique.

Fixation des alcaloïdes. — L'ouate de tourbe fixe les alcaloïdes. Pour le démontrer, il faut opérer sur une solution de l'alcaloïde dans un liquide qui n'exerce pas d'action dissolvante sur la tourbe, le chloroforme, par exemple. D'autre part, pour éviter un dosage de l'alcaloïde, nous nous sommes placé dans des conditions telles que la totalité de l'alcaloïde soit absorbée par l'ouate de tourbe, tandis qu'elle ne l'est pas par des substances telles que : fibres de tourbe privées de matière humique, jute, talc, etc. Nous avons opéré sur une solution de strychnine. Sa présence ou son absence étaient constatées au moyen du réactif bichromate de potasse acide sulfurique, qui développe une coloration violette au contact de traces de strychnine.

Dans 7 tubes à essai on introduit 5^{cc} d'une solution de strychnine dans le chloroforme à 0 gr. 01 pour 25^{cc} et 0 gr. 50 de

chacune des substances énoncées plus haut. On laisse en contact 12 heures, en agitant fréquemment ; puis on décante les liquides et on fait avec chacun d'eux les réactions de la strychnine. Une réaction positive est obtenue avec tous les liquides, sauf avec ceux qui ont été traités par le charbon animal, le charbon végétal, la matière humique et l'ouate de tourbe.

Si l'on s'en rapporte à des expériences faites par SOYKA (1) avec de la tourbe, on aurait une idée plus précise du phénomène : « A des échantillons de tourbe il ajoutait peu à peu 4 gr. 50 % de sulfate de strychnine ou 3 gr. 52 % de strychnine pure. Dans ces conditions, la capacité d'absorption était loin d'être épuisée, tandis que dans la silice elle n'allait que jusqu'à 0,5 %. Dans la tourbe comme dans la terre siliceuse, l'extraction par le chloroforme, aussi bien que l'expérimentation sur les animaux prouvèrent qu'au moins au début l'alcaloïde est véritablement intact dans la tourbe ».

Nous donnons à dessein la traduction exacte de ce passage en raison du peu de clarté de l'auteur dans ses données quantitatives.

Destruction de l'eau oxygénée. — Nous avons montré plus haut incidemment (p. 80) que l'ouate de tourbe et sa matière humique décomposent faiblement l'eau oxygénée mise à leur contact ; mais l'intensité de cette action, de très peu supérieure à celle qu'exercent des fibres de coton ou une poudre inerte comme le talc, n'est nullement comparable à l'action du charbon.

Conclusion. — Si l'on met à part la fixation de l'ammoniaque et la destruction de quelques autres gaz où interviennent des propriétés spéciales à la matière humique de l'ouate de tourbe, on peut dire que cette substance agit dans une très faible mesure à la façon du charbon ; mais, en raison de son intensité restreinte, cette action ne peut guère expliquer les propriétés originales de l'ouate de tourbe.

(1) Dr SOYKA. — Experimentale Untersuchungen über die Verwendbarkeit des Torfes zu Zwecken der Absorption und Desinfection (*Prager med. Wochenschrift*, 1886).

7. — ACTION SUR LES FERMENTS.

Dans une certaine mesure, l'ouate de tourbe empêche ou retarde l'action des ferments.

Action sur la pepsine. — Nous nous sommes placé dans des conditions analogues à celles dans lesquelles on opère habituellement pour l'analyse du suc gastrique.

Dans 7 tubès, introduisons 1 gr. d'une des 7 substances indiquées plus haut et 30 cc. de la solution de pepsine suivante :

Pepsine liquide T. 50.....	40 cc.
Eau distillée, q. s. pour.....	250 cc.

Après un contact de 24 heures, on décante et on introduit 20 cc. de chacun de ces liquides dans une fiole d'Erlenmayer avec 20 cc. d'HCl à 3 $\frac{0}{0}$, 20 cc. d'eau et 3 tubes d'albumine de Mette.

Les 7 fioles sont placées à l'étuve à 38° pendant 18 heures, ainsi qu'une 8^e servant de témoin et contenant : 20 cc. de solution de pepsine, 20 cc. d'HCl à 3 $\frac{0}{0}$ et 3 tubes de Mette. Au bout de ce temps, on examine les tubes de Mette et l'on constate les résultats suivants :

1° Les tubes de Mette ne sont pas modifiés en présence du charbon animal et du charbon végétal ;

2° 2 mm. 1/2 d'albumine ont disparu aux deux extrémités des tubes en présence de la matière humique et de l'ouate de tourbe ;

3° En présence de la tourbe privée de matière humique, du jute et du talc, ainsi que dans le flacon témoin, l'albumine est liquéfiée sur une longueur de 3 mm.

Ces différences, bien que faibles, semblent prouver que, grâce à la matière humique, l'ouate de tourbe entrave l'action de la pepsine.

Action sur la diastase. — Nous avons pu démontrer d'une façon plus nette l'action de l'ouate de tourbe sur la diastase.

Comme plus haut, on dispose 7 tubes chacun avec une des substances : charbon animal, charbon végétal, etc. ; on y ajoute 30 cc. de la solution :

Diastase liquide T. 50.....	10 cc.
Eau distillée, q. s. pour.....	250 cc.

Après un contact de 18 heures, on décante. Dans 8 fioles d'Erlenmayer, on fait dans des conditions exactement semblables (les fioles placées le même temps sur le même bain-marie) 8 empois avec 6 grammes d'amidon de maïs et 100 gr. d'eau. Dans chaque fiole, on ajoute 1 cc. de soude $\frac{N}{10}$ et 10 cc. de l'une des liqueurs filtrées ; dans la 8^e fiole, qui doit servir de témoin, on introduit 10 cc. de la solution de diastase qui a servi à l'expérience. On laisse séjourner 4 heures à l'étuve à 50°. On arrête ensuite l'action du ferment en faisant passer toutes ces fioles à l'autoclave à 115°-120°. On essaie l'action de chaque liquide sur le réactif cupropotassique. Les liquides des fioles contenant le charbon animal, le charbon végétal, la matière humique et l'ouate de tourbe ne donnent aucune réduction ; ceux des autres fioles donnent une réduction très nette.

Par la matière humique qu'elle contient et qui agit à la façon du charbon, l'ouate de tourbe empêche, dans une certaine mesure, l'action de la diastase.

Action sur la levure de bière. — Nous nous sommes proposé de rechercher l'action de l'ouate de tourbe sur une diastase, en présence du microorganisme qui la produit. L'expérience a été faite avec une levure pure de Logos, que nous nous sommes procurée au laboratoire de M. FERNBACH, à l'Institut Pasteur.

Si l'on fait agir la levure de bière sur une solution sucrée, en présence de matières nutritives appropriées, le sucre est transformé en alcool.

Nous l'avons fait agir sur une eau de touraillons ainsi constituée :

Acide tartrique	0 gr. 5
Phosphate d'ammoniaque	1 gr.
Maltopeptone.....	8 gr.
Glucose.....	100 gr.
Eau, q. s. pour	1 litre.

Le ferment a été renouvelé en ensemençant avec la levure 50 cc. du liquide ci-dessus, et plaçant le tout à l'étuve à 38°.

De l'eau de touraillons est introduite dans 5 fioles d'Erlenmayer à raison de 100 cc. par fiole ; dans 3 de ces fioles, on ajoute une des substances :

Ouate de tourbe,
Ouate de tourbe sans matière humique,
Matière humique.

Ces 5 préparations sont alors stérilisées à l'autoclave à 110°-115°. Une des deux fioles qui ne contiennent que l'eau de touraillons est mise de côté pour servir de témoin ; dans les 4 autres, on introduit aseptiquement, à l'aide d'une pipette stérile, 2 cc. de la culture rajeunie et soigneusement agitée. Toutes sont alors placées pendant 18 heures à l'étuve à 38°. Au bout de ce temps, on arrête l'action du ferment par un passage à l'autoclave à 110°-115°.

Le glucose restant dans chaque fiole a été dosé au moyen d'une liqueur de Fehling dont 1 cc. correspond à 0 gr. 005 de glucose. Chaque liqueur a été déféquée par le sous-acétate de plomb et diluée au 1/10.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Nombre de grammes de glucose restant dans chaque essai	Proportion p. 100 de glucose transformé en alcool
Dans le liquide non fermenté.....	10 gr.	0
Dans le liquide fermenté en l'absence de toute substance étrangère.....	4 gr. 63	54 0/0
En présence de la matière humique de tourbe	7 gr. 14	29 0/0
— d'ouate de tourbe	5 gr. 55	45 0/0
En présence d'ouate de tourbe privée de ma- tière humique	4 gr. 63	54 0/0

On constate ainsi que l'ouate de tourbe atténue considérablement les effets de la levure de bière, et cette propriété semble due à la matière humique.

Conclusion. — La matière humique de l'ouate de tourbe retarde nettement l'action des ferments. — Ce fait pourrait peut-être s'expliquer par une action de tannage ou de coagulation que la substance humique exercerait sur ces matières albuminoïdes.

8. — ACTION ANTISEPTIQUE ET ANTIPUTRIDE.

On a longuement parlé des propriétés antiseptiques et antiputrides de la tourbe, et toutes les brochures de réclame parlent de ce singulier pouvoir que posséderait l'ouate de tourbe de tuer les microbes et d'arrêter les processus de putréfaction.

Pour proclamer ces propriétés, l'empirisme s'est appuyé sur un certain nombre de faits véritablement curieux.

On découvre au sein des tourbières des cadavres d'animaux parfaitement conservés. « En juin 1747, dit LYELL (2) dans ses principes de géologie, le corps d'une femme fut trouvé à près de 2 mètres de profondeur dans les marais tourbeux de l'île Axholme (Lincolnshire); les sandales antiques qui recouvraient ses pieds offraient la preuve évidente de son enfouissement en ce lieu depuis plusieurs siècles; et cependant ses ongles, ses cheveux, sa peau offraient à peine quelques traces d'altération. On fait aussi mention de deux corps qui, après avoir séjourné près de 29 ans dans une tourbe humide où ils avaient été enterrés à 1 mètre de profondeur en 1674, dans le Derbyshire, furent trouvés dans un état tel que la couleur de leur peau était aussi bien conservée et leur chair aussi molle que celle d'individus morts récemment ».

SOYKA (3) a fait l'expérience suivante avec de la tourbe. Un vase de verre d'environ 0 m. 30 de hauteur et de 0 m. 10 de diamètre était rempli à moitié de tourbe séchée à l'air; 25 gr. de viande fraîche y étaient déposés, ne touchant pas les parois; on

(2) Ch. LYELL. — Principles of Geology, 1868.

(3) SOYKA. — *Loc. cit.*, p. 253.

achevait de remplir avec de la tourbe en ayant soin de conserver en vase ouvert dans un lieu où la température montait le jour jusqu'à 20° centigrades et au-dessus. On recherchait de temps en temps s'il se développait de la putréfaction ; cela n'eut lieu dans aucun des essais. On observa les vases pendant 6 à 12 semaines. Au bout de ce temps, la tourbe fut écartée et la viande retirée ; cette dernière était partout transformée en une masse extrêmement solide montrant une texture ligneuse à la section et parcourue de moisissures abondantes à la surface, mais qui ne pénétraient pas dans les couches de tourbe. Le volume de la viande était considérablement réduit, presque au quart, par suite de la perte d'eau. Un essai de contrôle simultané avec de la silice pure laissait apercevoir dès le 3^e jour une zone humide possédant une odeur intense de pourriture. En retirant la viande, celle-ci se montre décolorée, en grande partie liquéfiée, et presque complètement pourrie. Soyka pense que, outre la réaction acide qui se développe à la surface de contact de la viande et de la tourbe et qui s'oppose au développement des bactéries de la putréfaction, un facteur important dans cette action conservatrice est le haut pouvoir absorbant de la tourbe pour l'eau qui soustrait graduellement l'humidité nécessaire à la putréfaction.

Citons encore le fait suivant, un ouvrier des tourbières se présente à la clinique de NEUBER (1) et lui montre une plaie en parfait état grâce à un pansement à la tourbe qui s'est comportée comme une substance antiseptique.

Au congrès chirurgical de 1884, LIESRINCK (2) dit en parlant des pansements à la tourbe : « Les sécrétions de la plaie sont absorbées par la tourbe dont elles comblent en tout ou en partie les cellules. Les sécrétions restent dans les cellules et perdent leur eau par évaporation à travers les parois de ces dernières ; mais l'air ne peut pas les atteindre, de sorte que la décomposition des matières organiques est fort difficile. C'est sur cette force de résistance des parois des cellules que repose l'action antiseptique de la tourbe ».

(1) NEUBER. — 1882, d'après C. Bleicher, *L. c.*, p. 13.

(2) LIESRINCK H., MIELKET KORACH. — Der Torfmoos Verband. Leipzig, Voos 1884.

GAFTKY (1) cherche à savoir si la tourbe possède par elle-même des propriétés antiseptiques propres. — Dans un cristalliseur il dispose de bas en haut une couche de sérum sanguin stérilisé, une couche de tourbe et à la surface une culture de différents microbes : bacilles du charbon, *micrococcus tetragenus*, bactéries de la septicémie expérimentale. Il inocule au bout d'un certain temps le sérum à des souris, qui sont infectées ; — la tourbe n'a donc pas exercé d'action bactéricide. Voici d'ailleurs ses conclusions :

1° La tourbe n'est pas exempte d'organismes inférieurs susceptibles de se développer ;

2° La tourbe ne possède aucun pouvoir bactéricide ; ce n'est pas un désinfectant ;

3° Humectée de solutions nutritives appropriées, la tourbe empêche jusqu'à un certain point la pullulation des infiniment petits ;

4° Dans certaines circonstances, la tourbe peut retarder jusqu'à un certain degré l'accroissement des organismes inférieurs.

FRÄNKEL et KLIPSTEIN (2) ont constaté que la tourbe pulvérulente ne renferme qu'un nombre très faible de microorganismes. Ils ont reconnu que la poudre de tourbe, ainsi que ses extraits aqueux préparés à chaud et à froid possèdent une action microbicide fort nette, dont l'intensité est en raison directe du degré d'acidité de la tourbe. L'addition de chaux vive affaiblit cette action désinfectante, tandis que celle des acides chlorhydrique, sulfurique, ainsi que des sels acides et des superphosphates l'accroît d'une manière très marquée. Ils firent les remarques suivantes :

Les bacilles cholériques, qui étaient encore en vie au bout de 15 jours dans un mélange acide d'urine et de selles furent tués en moins de 24 heures lorsqu'on y introduisit de la tourbe pulvérisée. Mais quand les selles étaient alcalines, malgré l'addition de poudre de tourbe, ils restaient vivants plusieurs jours. En revanche, la tourbe pulvérulente, additionnée de 2 0/0 d'acide sulfurique tuait dans l'espace de 2 à 7 heures les bacilles cho-

(1) GAFTKY. — *Archiv für Chirurgie*, t. XXVIII, 1887.

(2) D'après C. BLEICHER, *Loc. cit.*, p. 15 et 16.

lériques des matières fécales même alcalines, et la tourbe additionnée de superphosphate dans la proportion de 1 pour 5 ou de 1 pour 2, les tuait en moins de 4 heures.

Dans un mémoire communiqué le 22 mai 1894 à l'*Académie royale de médecine et de chirurgie* de Londres, concernant l'influence des sols de sable blanc, de sable jaune, de terre de jardin et de tourbe sur la vie des bacilles du choléra et de la fièvre typhoïde, DEMPSTER a fait ces constatations :

« Les expériences faites avec la tourbe ont montré que, dans un sol de cette substance, les bacilles ne vivent pas plus de 24 heures. Le sol de tourbe est le seul qui exerce une action destructive sur ces microorganismes, indépendamment de son plus ou moins grand degré actuel d'humidité ».

MM. A. MÜNTZ et E. LAINÉ (1), au cours de leurs expériences sur l'épuration des eaux d'égout par la tourbe, font une numération des microbes pouvant se développer sur la gélatine avant et après le passage sur une colonne de tourbe de 1 m. de hauteur. Ils en trouvent par centimètre cube,

A la sortie de la fosse septique....	3.000.000
— colonne épurative.	363

Nous bornant à nos connaissances sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'ouate de tourbe, nous pouvons nous expliquer dans une certaine mesure son action sur les microorganismes et sur les processus de fermentation et de putréfaction.

1° Si elle ne possède pas une action bactéricide proprement dite, l'ouate de tourbe, en raison de la réaction des produits humiques qu'elle comporte, arrête l'évolution des microorganismes qui ne se développent pas en milieu acide.

2° Elle retarde l'action des diastases. Or, ne peut-on pas considérer les processus de fermentation, et en général les effets du travail microbien comme étant, dans une certaine mesure, une manifestation de l'action des diastases ?

3° La texture de l'ouate de tourbe lui donne le pouvoir d'absorber les liquides, de les diffuser et de favoriser leur éva-

(1) A. MUNTZ et E. LAINÉ, — *Loc. cit.*, *C. R. Ac. Sc.*, 13 janvier 1908, p. 53-58.

poration. Les microorganismes et les produits organiques fermentescibles en solution sont retenus par les cellules fibreuses dans un milieu acide à l'abri de l'air. Cette raison d'ordre physique a vraisemblablement une influence capitale dans les propriétés que nous venons d'exposer.

9. — POUVOIR DÉSODORISANT.

Les considérations précédentes contribuent également à expliquer l'action désodorisante de l'ouate de tourbe.

À ce point de vue, on ne s'est guère borné qu'à des considérations organoleptiques. Il n'existe pas d'odeur « sui generis » dans une étable tapissée d'une litière de tourbe ; on ne saurait déceler l'odeur du culot de pipe dans un fumoir garni de tentures à la tourbe ; sur un matelas de tourbe, les déjections des enfants ou des malades n'incommodent pas l'entourage ; des latrines où l'on projette de la poudre de tourbe ne laissent transfuser aucune odeur désagréable ; des plaies nauséabondes sont désodorisées par un pansement à la tourbe.

Les propriétés physiques et chimiques de l'ouate de tourbe permettent d'expliquer son pouvoir désodorisant.

1° Retardant les fermentations dans la mesure et par un processus indiqués ailleurs, elle empêche la production des substances malodorantes qui résulteraient de la putréfaction des matières organiques avec lesquelles elle est en contact.

2° Grâce à sa porosité, elle absorbe les substances odorantes à l'état gazeux. Certains de ces gaz, l'ammoniaque et vraisemblablement des produits organiques azotés, tels que ceux qui existent par exemple dans la fumée de tabac, se combinent à la matière humique acide. Ces combinaisons sont inodores. Si l'hypothèse que nous avons émise plus haut est exacte, la matière humique de la tourbe favoriserait la décomposition de ces produits azotés. D'après divers auteurs, l'hydrogène sulfuré serait également oxydé au contact de la tourbe. Il est possible que dans la masse de l'ouate de tourbe des oxydations analogues décomposent les autres produits odorants.

Appendice.— Il est une propriété thérapeutique de la tourbe signalée dans FRÉMY (1), que nous ne pouvons passer sous silence, bien que nous ne soyons pas en mesure de l'expliquer, car certains industriels attribuent aux tissus à l'ouate de tourbe des propriétés analogues :

« Il existe à Kleinschirma, village situé à 5 kilomètres de Freiberg, et presque à la surface du sol, un dépôt tourbeux peu étendu, qui offre cet intérêt qu'on en emploie, dit-on, les produits avec succès dans le traitement des affections gouteuses. Cette tourbe est brune et à demi fluide ; elle exhale une odeur d'humus particulière. Pour préparer les bains thérapeutiques, on la passe au travers d'un tamis métallique suspendu dans de l'eau chaude ; on verse dans la baignoire une certaine quantité du liquide brunâtre et trouble ainsi obtenu. Les substances actives seraient non seulement les matières dissoutes, mais aussi les particules brunes tenues en suspension, et qui auraient la propriété de stimuler la peau. »

Les tissus à la tourbe auraient-ils une action analogue ? Et cette action serait-elle due aux oxydations favorisées par la matière humique ? Nous ne nous permettrons pas d'émettre une opinion à ce sujet.

(1) FRÉMY.— *Encyclopédie chimique*, t. 7, p. 72.

TROISIÈME PARTIE.

CHAPITRE VI.

Applications de l'ouate de tourbe.

Des industriels et des médecins se sont ingénies à appliquer les propriétés de l'ouate de tourbe, en confectionnant des tissus hygiéniques et des objets de pansement.

Objets de pansement. — Depuis longtemps on emploie la poudre de tourbe. Dans les pays du Nord, en Allemagne, au Danemark, c'est généralement sous cette forme qu'elle est appliquée au traitement des plaies.

D'après P. ZÉLIS, la tourbe, extraite à la main, est séchée, réduite en poudre grossière, puis séparée par lévigation des matières minérales ; elle est séchée de nouveau et conservée à l'abri de l'humidité. Pour l'usage, cette tourbe pulvérulente est introduite dans de petits sacs de mousseline. Mais on emploie également les fibres sous forme d'ouate.

Ce sont seulement les fibres qui sont employées en France sous forme d'ouate, de gaze, ou sous forme de poudres diverses (sterilos, pastorilos, etc.) sur la préparation et la constitution desquelles nous n'avons pu obtenir malheureusement de renseignements précis.

En Allemagne, les sachets de tourbe ou l'ouate de tourbe sont fréquemment imprégnés de produits médicamenteux : acide phénique, acide borique, acide salicyque, iodoforme, sublimé, etc. P. ZÉLIS (1) recommande de se servir, pour l'imprégnation, de solutions médicamenteuses et non de produits pulvérulents qui ne pourraient rester répartis uniformément ; d'autre part la tourbe se séchant difficilement, il faut employer une faible proportion de dissolvant (2 kilog. pour 10 kilog. de tourbe) et si possible un liquide volatil. La tourbe est placée dans un vase émaillé ; on dirige à sa surface un jet de liquide tandis qu'on la retourne et la malaxe continuellement.

Pour la préparation extemporanée de certaines tourbes médicamenteuses, P. ZÉLIS recommande l'emploi de tourbe glycinée obtenue par imprégnation au moyen d'une solution de 50 p. de glycérine, 100 p. d'eau, pour 1 kilog de tourbe. Au moment du besoin, on répand à la surface de ce produit la substance médicamenteuse finement pulvérisée et on malaxe.

Comme type de solutions pour l'imprégnation de 1 kilog. de tourbe, le même auteur donne :

Pour la tourbe phéniquée à....	5 ‰	{	Acide phénique.....	50 p.
			Glycérine.....	50
			Alcool.....	100
Pour la tourbe au sublimé à...	0,5 ‰	{	Sublimé.....	5
			Glycérine.....	25
			Alcool.....	175
Pour la tourbe boriquée à.....	10 ‰	{	Acide borique.....	100
			Dissoudre dans eau à 100°.....	400
			Employer cette solution bouillante.	
Pour la tourbe iodoformée à.....	10 ‰	{	Iodoforme.....	100
			Dissoudre dans le mé-	{ Ether. 600
			lange	
			Alcool	300

NEUBER employait la poudre de tourbe ; « grâce à son grand pouvoir absorbant, dit-il, la tourbe aspire les sécrétions de la plaie, et ces sécrétions, par suite de leur facile diffusion

(1) P. ZÉLIS. — Die Medicinischen Verbandmaterialien, p. 45-47. Berlin, 1900

à travers le pansement, s'évaporent rapidement. Souple et élastique, la tourbe ferme hermétiquement la plaie sur les bords et constitue un pansement par occlusion parfait ».

L'opinion de LIESRINCK, qui attribue à la texture et au pouvoir absorbant de la tourbe son action antiseptique, a été donnée plus haut.

BIELTZOFF (1), estime que « les qualités de la tourbe font de cette substance un excellent objet de pansement ».

LINDENBAUM, n'hésite pas à qualifier le pansement à la tourbe de « pansement idéal ».

Le D^r Lucas CHAMPIONNIÈRE, dans une communication à l'Académie de médecine, le 16 mars 1887, dit : « L'ouate de tourbe paraît devoir remplacer à peu près entièrement l'ouate ordinaire, l'ouate absorbante, l'ouate salicylée, et même une partie des tissus antiseptiques qui complètent habituellement les pansements. Elle ne coûte pas cher..... Son pouvoir absorbant est beaucoup plus considérable que celui des autres matières textiles. — Par elle-même elle est antiseptique alors qu'aucune autre matière textile ne possède cette propriété ».

Sous la signature du D^r OSBURN est paru le 21 juillet 1895, dans le journal *Le Lancet*, de Londres, un article dont voici les passages les plus saillants :

« Il a été établi que, quand on se servait de pansements à la tourbe, la sérosité et le sang étaient totalement absorbés, et que même pendant plusieurs jours les pansements ainsi imbibés demeuraient indemnes de toute décomposition..... Le pouvoir qu'elle a de retarder l'évolution des microorganismes n'appartient à nul autre pansement... L'ouate de tourbe, telle qu'elle est préparée maintenant pour les besoins chirurgicaux, quoique paraissant un peu plus rude que l'ouate ordinaire, fait un pansement bien plus commode que celle-ci parce qu'elle est bien plus élastique ».

On trouve également des éloges du pansement à la tourbe dans le *Recueil de Médecine vétérinaire* du 30 octobre 1905, p. 476, et dans d'autres Revues (1).

(1) BIELTZOFF A. — O novieishikh usovershenstvovaniyakh v nalozheni torfyanoi povyaski (*Wratsch*, St-Petersbourg, 1884, p. 661).

BAYNE — The surgical and hygienic uses of peat fibre products.

Les conclusions que nous avons pu poser justifient dans une certaine mesure ces allégations. On peut en effet admettre :

1° Que, très compressible et très élastique, l'ouate de tourbe, même serrée fortement, ne cause pas de douleur au blessé et ne se feutre pas.

2° Qu'elle est hémostatique à la façon des poils de *Cibotium Barometz*, par exemple, d'une part, et grâce peut-être, d'autre part, à la présence de produits acides qui peuvent favoriser la formation d'un caillot de sang.

3° Que, absorbant énergiquement les liquides et les diffusant, elle empêche le pus avec ses microorganismes et ses toxines de stagner sur la plaie et d'envahir les tissus environnants.

4° Les propriétés énoncées dans nos conclusions sur l'action antiseptique et antiputride de l'ouate de tourbe ont ici leur application.

Tissus et autres objets hygiéniques à l'ouate de tourbe. — On a fait intervenir l'ouate de tourbe dans la confection de flanelles diverses, de feutres, de tissus d'ameublement, de tentures, de tapis, costumes de cyclistes, vêtements caoutchoutés, bandes élastiques, bas à varices, ceintures abdominales, caleçons, chaussettes, matelas et divers objets de literie, couvertures de cheval, tapis de selle, coussins pour chiens, etc., etc.

Si la proportion d'ouate de tourbe est suffisante, toutes ces utilisations sont justifiées (1). L'ouate de tourbe conserve aux

BEKAREVICH V. P. — K voprusu a nauchnikh osnovaniyakh dlya primieneniya torfa v sanitanoi praktikie (Sur l'application de la tourbe dans la pratique sanitaire). — *Sborn rabot. hyg. lab. Moskov. Univ. Mosk.*, 1886, i, 62-129.

BYLO M. — Die verwendung von Torf zu hygienischen und sanitären Zwecken. — *Aerztl. Rundschau München*, 1899, IX, 39.

H. REDON. — *Loc. cit.* et « Un nouveau matériel de pansement à la tourbe. — *Cong. franc. de chir.* Procès-verbal, 1886 ; Par., 1897, II, p. 678-680.

(1) Voir MACHIKHIN G. L. et FREIBERG N. G. — Torfjaniye mkhi v bakteriologicheskome otnoshenii (Les vêtements à la tourbe au point de vue bactériologique). — *Voyenno med. J.*, St-Petersb., 1890, CLXIX, unoffic. pt., 1 sect., 1883-205.

tissus et aux mélanges fibreux une grande élasticité. Elle favorise l'évaporation rapide de la vapeur d'eau qui provient de la transpiration. Elle exerce une action désodorisante et empêche dans la mesure et par le processus indiqués plus haut la fermentation et la putréfaction des produits d'excrétion cutanée et de toutes les voies excrétoires. De plus, il est possible que l'ouate de tourbe favorise à la surface de la peau des réactions d'oxydation dont l'importance et les effets nous échappent.

Pour le nettoyage des vêtements et tissus à l'ouate de tourbe, on recommande : de « les laver au savon et à l'eau tiède en les pressant dans les mains sans les frotter, puis de les rincer à l'eau tiède ». Les réactifs oxydants, en particulier l'eau de Javel, doivent être totalement proscrits ; à leur contact, la matière humique est très rapidement détruite ; les filaments sont dissociés en fibres très fines qui restent dans les eaux de lavage. Le tissu ne conserverait plus trace d'ouate de tourbe.

Les alcalis caustiques ou carbonatés ne dissocient pas les filaments, mais dissolvent une forte proportion de matière humique. Un savon peu alcalin exerce une action dissolvante beaucoup moins marquée ; les eaux de lavage colorées en brun sont beaucoup moins foncées. D'ailleurs nous avons fait remarquer qu'un traitement prolongé par les alcalis n'enlève jamais la totalité de la matière humique ; malgré des traitements par l'eau savonneuse, l'ouate de tourbe conserve toujours en partie ses propriétés spéciales.

CHAPITRE VII.

Caractérisation et dosage de l'ouate de tourbe quand elle est mélangée à d'autres fibres.

Pour que les tissus et les préparations à la tourbe exercent une action particulière, la proportion de cette substance doit être notable.

Dans l'*Echo Médical* (Lyon 1897), on lit sous la signature du D^r BLEICHER :

« Des tissus à origine étrange ont traversé nos frontières, venant d'Allemagne et même d'ailleurs, avec un cortège de réclame, un historique complet, des attestations des sommités médicales, de quoi remplir un volume. Des guérisons nombreuses ont été obtenues, des miracles même ont été opérés, grâce à ces merveilleux produits.

« Chez nous une publicité bien conduite, appuyée par des capitaux, a rapidement fait connaître ces produits; le public, et je dois le dire certains membres du corps médical leur ont fait un accueil favorable; des maisons importantes se sont fondées, vivant exclusivement de ces tissus.

« Des essais auxquels nous nous sommes livré, il résulte que les tissus de laine de tourbe ou à la laine de tourbe que nous avons pu nous procurer ne contiennent que des traces très faibles de fibres de tourbe, et qu'ils n'ont d'autres propriétés que celles qu'ils doivent à la laine ordinaire dont ils sont formés. »

De notre côté, nous avons constaté également que certains tissus à l'ouate de tourbe qu'on rencontre dans le commerce ne contiennent que des quantités infinitésimales de cette subs-

tance. Cependant le tissu à l'ouate de tourbe n'est pas une utopie ; on peut s'en procurer qui contiennent jusqu'à 50 % de fibres de tourbe ; on en fait même qui sont constitués exclusivement par de la tourbe.

Il est donc utile d'avoir des procédés simples pour caractériser l'ouate de tourbe dans des mélanges à d'autres fibres et pour la doser au moins approximativement.

Les propriétés des filaments de tourbe, déterminées au cours de ce travail, nous permettront d'arriver à ces fins ; nous nous bornerons d'ailleurs à des considérations d'ordre purement pratique.

Nous avons vu que, si l'on traite l'ouate de tourbe par une liqueur alcaline, la matière humique de l'ouate de tourbe entre en solution, et la liqueur se colore immédiatement en noir intense. Si l'on neutralise par un acide, la matière humique est mise en liberté sous forme de flocons bruns nageant au sein d'un liquide presque incolore.

Mais cette coloration brune n'est pas absolument caractéristique ; nombre de matières colorantes donnent une teinte semblable, mais généralement elles ne sont pas précipitées par les acides, qui ne décolorent pas la liqueur.

Certaines fibres végétales brunes (Piassava), la laine noire naturelle, se dissolvent dans les alcalis en les colorant ; la neutralisation de la liqueur la décolore avec mise en liberté de flocons bruns. On peut cependant remarquer que la coloration est moins intense, et surtout qu'elle se développe beaucoup moins rapidement.

Mais le caractère certain auquel on peut se rapporter est l'aspect des filaments au microscope. Nous l'avons longuement décrit plus haut.

Enfin on peut chercher un critérium dans l'action particulièrement rapide des oxydants dans la dissociation des filaments de tourbe ainsi que dans les dimensions et la forme des petites fibres ainsi mises en liberté. Nous avons vu que le réactif le plus commode pour cette dissociation était une solution d'acide chromique suivant la formule :

Acide chromique.....	5 gram.
SO ⁴ H ² à 1/5 en volumes.....	25 cmc.
Eau distillée, q. s. pour.....	100 cmc.

L'ouate de tourbe est totalement dissociée si on la met en contact avec cette solution, et si on porte à l'ébullition qu'on maintienne 1 minute.

A la température ordinaire, il suffit d'une macération d'une heure dans la même solution pour obtenir le même résultat.

Il faut, à froid ou à chaud, un temps beaucoup plus long pour dissocier la filasse de chanvre ou de lin, le jute, la ramie, l'aloès, etc. D'ailleurs, pendant cette macération d'une heure, la soie, le coton, la laine, le crin ne sont pas sensiblement attaqués.

Les dimensions moyennes (3 à 13 μ de large et 355 à 1500 μ de long) des fibres qui constituent les filaments de tourbe sont beaucoup plus faibles que celles de la plupart des autres fibres végétales ; il suffit, pour être édifié, d'examiner un tableau des dimensions de ces fibres, et on constate qu'aucune confusion n'est possible.

Il nous semble donc que, pour caractériser l'ouate de tourbe, il convient d'opérer de la façon suivante :

1^o Action des Alcalis. — Ebullition de 1 cmq. de tissu ou d'une pincée du mélange, avec 2 ou 3 cmc. de lessive de soude de D = 1,02.

a) Pas de coloration brune : *Absence de tourbe.*

b) Coloration brune immédiate et assez intense. — La liqueur décantée, neutralisée par HCl., abandonne des flocons bruns : *Présence probable de tourbe.*

2^o Rechercher à la loupe les filaments bruns et caractériser ces filaments par leur aspect microscopique, leurs réactions microchimiques de fibres lignifiées énoncées plus haut.

3^o Introduire dans un tube à essais 1 cmq. de tissu ou une pincée de mélange, et 5 cmc. environ de réactif chromique ; laisser en contact pendant une heure en agitant fréquemment ; ramasser sur les parois du tube avec un agitateur les petites fibres qui les garnissent, et examiner ces fibres au microscope. — On distingue sûrement les petites fibres de tourbe avec leurs dimensions caractéristiques.

DOSAGE

Les deux propriétés suivantes de l'ouate de tourbe permettent d'établir facilement dans quelle proportion cette substance est contenue dans des mélanges avec d'autres fibres :

1° Les filaments d'ouate de tourbe ne se dissolvent pas complètement dans une solution de chlorure de zinc acide, même après une ébullition prolongée.

2° Les filaments d'ouate de tourbe sont dissociés avec une rapidité particulière en fibres de dimensions très restreintes, par une solution d'acide chromique.

A. — Ouate de tourbe mélangée avec laine, soie, coton, chanvre, lin, jute, etc.

La première propriété permet d'effectuer ce dosage. On emploie le réactif suivant :

Chlorure de zinc fondu.....	1 p.
Acide chlorhydrique.....	2 p.

Les poids d'ouate de tourbe compris entre 0 gr. 10 et 1 gr. sont traités par ce réactif dans les conditions suivantes :

L'ouate de tourbe est introduite dans un ballon de 100 cmc. avec 40 cmc. de réactif. On porte à l'ébullition qui est maintenue 5 minutes. On constate : 1° que les filaments d'ouate de tourbe ne sont pas dissociés, 2° qu'ils perdent la moitié de leur poids.

Si on traite de la même manière 1 gr. de laine, de soie, de coton, de lin, de jute, ces substances sont complètement dissoutes.

Se basant sur ces remarques, on effectue un dosage très approché de l'ouate de tourbe contenue dans un tissu en opérant ainsi qu'il suit :

1 gramme de tissu est introduit dans un ballon de 100 cmc. avec 40 cmc. de réactif. On porte à l'ébullition qui est maintenue pendant 5 minutes. Le tout est jeté sur un entonnoir

garni d'amiante ou mieux de coton de verre et taré (soit p , le poids). On lave sur l'entonnoir avec de l'acide chlorhydrique étendu, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne précipite plus par le ferrocyanure de potassium, puis à l'eau distillée jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de précipité par l'azotate d'argent ; après dessiccation à l'étuve à 100° , puis refroidissement dans un excicateur à acide sulfurique, on pèse (soit p' le nouveau poids).

Comme l'ouate de tourbe perd la moitié de son poids au contact du réactif, le produit par 2 de la différence ($p' - p$) est le poids de l'ouate de tourbe contenue dans 1 gramme de tissu, et 100 grammes de tissu contiennent un nombre de grammes de tourbe de $(p' - p) \times 200$.

En opérant ainsi, nous avons trouvé comme teneur en tourbe :

1,5 pour 100, dans un tissu X... bien connu ;

12,5 pour 100, dans un tissu Y..., pour lequel on annonce une teneur approximative de 15 $\frac{0}{0}$.

B.— Ouate de tourbe mélangée avec du crin.

Les différentes sortes de crin employées pour les matelas ne se dissolvent pas facilement dans le chlorure de zinc acide. Pour effectuer le dosage de l'ouate de tourbe dans un mélange avec du crin, on peut employer le procédé suivant basé sur la deuxième propriété énoncée précédemment.

On emploie le réactif chromique formulé plus haut.

1 gr. d'ouate de tourbe est introduit dans un flacon de 125 cmc. avec 50 cmc. de réactif. On laisse en contact une heure en agitant de temps en temps. Les filaments d'ouate de tourbe sont, comme nous le savons, complètement dissociés. Si l'on jette le tout sur un tamis à larges mailles (n° 22) ou sur de la tarlatane apprêtée, et qu'on lave à grande eau sous le jet puissant d'un robinet, aucun filament n'est retenu.

Par contre, 1 gr. de crin traité comme précédemment par 50 cmc. de réactif chromique pendant une heure, jeté sur un tamis, lavé à grande eau sur le tamis, séché à l'étuve à 100° , ne pèse plus que 0 gr. 90. Les filaments ne sont pas sensiblement altérés.

En se basant sur ces expériences, on effectue le dosage de la façon suivante :

1 gr. de mélange d'ouate de tourbe et de crin est introduit dans un flacon de 125 cmc. à large ouverture avec 50 cmc. de réactif chromique. On laisse en contact pendant une heure en agitant de temps en temps ; on jette sur une mousseline ou mieux sur un tamis n° 22 environ ; ce tamis est placé sous le jet puissant d'un robinet. Les petites fibres de monocotylédones sont entraînées. On recueille le crin restant sur le tamis. Après dessiccation à l'étuve à 100° et refroidissement dans un excicateur, on pèse. Soit p , le poids trouvé ; le poids du crin contenu dans un gramme de mélange est :

$$\frac{p}{0,9}$$

et le poids d'ouate de tourbe :

$$1 \text{ gr.} - \frac{p}{0,9}$$

Remarque. -- Evidemment ces dosages ne peuvent s'appliquer qu'à des ouates de tourbe de provenance et de texture identiques. Les différents échantillons sur lesquels nous avons opéré ne nous ont pas donné de différences sensibles. Pour d'autres produits, le principe de la méthode serait le même ; seules les constantes seraient différentes, il suffirait de les déterminer.

CONCLUSIONS.

L'ouate de tourbe est formée de faisceaux fibreux partiellement modifiés de diverses Glumiflores des tourbières émergées, parmi lesquels semblent dominer ceux de l'*Eriophorum vaginatum* L., et qui doivent à leur composition chimique intime d'avoir conservé leur structure et résisté aux actions multiples qui, au sein des tourbières, décomposent la cellulose et la transforment en matières humiques.

Ces filaments appartiennent aux tissus de soutien qui sont, dans la feuille, localisés les uns aux bords marginaux ou de place en place sous l'épiderme, les autres accompagnant le système vasculaire. Ils sont constitués par des fibres à pointes effilées mesurant de 3 à 13 μ de large, de 350 à 1.500 μ de long, et présentant les réactions de fibres cellulosiques lignifiées et pectosiques.

Ces filaments se composent pour environ 40 % de leur poids, de matières humiques, qui se différencient des matières humiques artificielles et de celles du sol par leur solubilité notable dans l'eau, par leur réaction acide et leur grande solubilité dans les alcalis ; elles contiennent une forte proportion d'azote ; elles sont facilement oxydables.

La tradition nous a transmis que l'ouate de tourbe possède des propriétés spéciales désodorisantes, antiputrides, etc....

On a pensé que ces propriétés étaient les mêmes que celles du charbon, en raison d'une origine géologique analogue. L'ouate de tourbe absorbe en effet certains gaz dans une énorme proportion ; mais ce sont des gaz alcalins fixés en raison de sa réaction acide, ou des gaz facilement oxydables détruits par un mécanisme dont le charbon ne saurait être

l'agent. La strychnine est enlevée par l'ouate de tourbe de ses solutions ; mais, malgré l'affirmation de Соука, il n'est pas certain que ce produit azoté ne soit pas détruit plutôt que fixé sans altération comme il l'est par le charbon. L'intensité d'autres réactions, fixation de certains gaz, des matières colorantes, de l'iode, décomposition de l'eau oxygénée, n'est guère plus considérable au contact de l'ouate de tourbe, qu'à celui de nombreuses substances minérales et organiques. La parenté de l'ouate de tourbe avec le charbon ne semble donc pas expliquer ses actions chimiques spéciales.

Elles reposent plutôt sur la texture de ses filaments d'une part et d'autre part sur certaines propriétés de la matière humique dont ces filaments sont le substratum.

En raison de leur rigidité et de leur élasticité, ces filaments échappent au feutrage, conservant aux pansements leur souplesse et aux tissus leur texture, leurs propriétés et leurs fonctions originelles.

Dans leur masse, la force de capillarité s'exerce avec intensité, et les liquides qui arrivent à leur contact sont absorbés, pénètrent leur membrane, gorgent les cavités des cellules fibreuses, qui en retiennent une forte proportion. Les surfaces de contact du liquide avec l'atmosphère sont ainsi multipliées et la dispersion du liquide à l'état de vapeur est considérablement augmentée.

Seul le liquide disparaît ; les substances en dissolution restent enfermés au sein du réseau fibreux à l'abri de l'air ; et là, elles subissent l'action des matières humiques.

Si l'on ne peut affirmer que ces substances humiques sont nettement bactéricides, on peut admettre qu'elles exercent une sorte de coagulation ou de tannage sur les enzymes secrétées par les microbes et il est indéniable que leur réaction acide suffit à arrêter le cloisonnement de toute une série d'infinitement petits qui se multiplient seulement dans un milieu alcalin, tels que : les microbes de la putréfaction et les agents de nombreux états pathologiques. A leur contact, l'action des ferments est retardée ; les substances alcalines, ammoniacales, aminées, alcaloïdiques sont fixées par la matière humique acide,

qui les enlève de leurs solutions et à l'atmosphère ambiant, et les combinaisons formées sont dépourvues d'odeur.

On entrevoit une action encore plus profonde sur les substances azotées dont la molécule est modifiée et semble subir en présence de la matière humique une combustion simple avec mise en liberté d'azote libre. Ce serait là probablement un cas particulier d'une propriété générale que posséderait la matière humique : celle de favoriser certaines oxydations. Nous avons en effet établi qu'une destruction immédiate respective du permanganate de potasse et de l'eau oxygénée, qu'une oxydation de l'iodure de potassium et de l'alcool étaient provoquées par un contact de ces substances avec l'ouate de tourbe ou sa matière humique fonctionnant à la façon d'un catalyseur spécial.

Le mécanisme par lequel elles agissent reste cependant assez obscur, aussi obscur que celui par lequel agissent les matières humiques du sol dont le rôle grandiose ne peut cependant être mis en doute.

Pour MM. BERTHELOT et ANDRÉ, l'action de ces dernières s'exercerait à la suite de phénomènes d'« hydratation et de déshydratation », de « condensation moléculaire », de « transformations multiples »... « série d'effets capables de constituer un mécanisme en vertu duquel les énergies extérieures seraient continuellement introduites dans les réactions chimiques accomplies pendant le cours de la végétation naturelle. »

Il est vraisemblable que les matières humiques de l'ouate de tourbe agissent de la même façon en favorisant et en entretenant des réactions diverses sur les substances mises à leur contact, et que cette action est beaucoup plus considérable que nous n'avons pu l'établir.

Ces raisons d'ordre physique et d'ordre chimique concourent toutes ensemble à expliquer le pouvoir « antiputride », « antiseptique », « absorbant », « désodorisant », voire même « stimulant et antirhumatismal » de l'ouate de tourbe et à justifier chacun de ses emplois médicaux et hygiéniques dont l'opportunité avait été établie par l'observation et le bon sens des générations.

Les dimensions, les réactions microchimiques des fibres, la facilité de l'oxydation du ciment humique, permettent de caractériser et de doser pratiquement l'ouate de tourbe dans ses mélanges avec d'autres fibres qu'offre le commerce.

Vu bon à imprimer :

Le Président de la Thèse,
PERROT.

Vu :

Le Directeur de l'Ecole,
GUIGNARD.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
LIARD.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION.....	5
PLAN.....	9
CHAPITRE I.— Les tourbières.....	11
CHAPITRE II.— La tourbe.....	19
CHAPITRE III.— La tourbe fibreuse.....	32
CHAPITRE IV.— Extraction de la tourbe fibreuse et pré- paration de l'ouate de tourbe.....	54
CHAPITRE V.— Propriétés physiques et chimiques et réactions de l'ouate de tourbe.....	57
1. Propriétés physiques.....	57
2. Propriétés chimiques.....	63
3. Fixation de l'ammoniaque... ..	69
4. Action sur les sels ammoniacaux et l'urée.....	72
5. Réactions oxydantes favorisées par l'ouate de tourbe.....	79
6. Comparaison des propriétés de l'ouate de tourbe et de celles du charbon.....	82
7. Action sur les ferments.....	87
8. Action antiseptique et antiputride..	90
9. Pouvoir désodorisant.....	94

CHAPITRE VI.— Applications	97
CHAPITRE VII.— Caractérisation et essai de dosage de l'ouate de tourbe dans des mélanges à d'autres fibres	102
CONCLUSIONS	109

